

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 17**

„Wasser und Pflanzenbau – Herausforderungen für zukünftige Produktionssysteme“

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.

Präsident: Prof. Dr. W. Diepenbrock
Geschäftsführer: Prof. Dr. W. Claupein

Geschäftsstelle:
Institut für Pflanzenbau und Grünland 340
Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau
Universität Hohenheim
70593 Stuttgart
Straßenanschrift: Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart
Tel.: ++49(0)711/459-4114, Fax.: ++49(0)711/459-4344
e-mail: kaempf@uni-hohenheim.de

**48. Jahrestagung
vom 27. bis 29. September 2005
in Wien**

**„Wasser und Pflanzenbau -
Herausforderungen für zukünftige
Produktionssysteme“**

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber
A. Kämpf, W. Claupein, S. Graeff, W. Diepenbrock
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

**Verlag Günter Heimbach
Stuttgart 2005**

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Bibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 3-935380-16-X

ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: vervielfältigungen, f.u.t. müllerbader gmbh, Filderstadt
© Verlag Günter Heimbach, Bruno-Frank-Straße 36, 70619 Stuttgart

Plenarvorträge

Plenum

H. RICHTER, SILVIA B. KIKUTA: Wassertransport im Pflanzenkörper – worüber wissen wir noch zu wenig?.....	1
D. J. CONNOR: Strategies and tactics for efficient use of water in rainfed crop production	3
HELGA KROMP-KOLB, H. FORMAYER: Auswirkungen des globalen Klimawandels auf Wasserbedarf und -verfügbarkeit in der Pflanzenproduktion	7
E. KLAGHOFER: Schutzgut Wasser – Belastungspfade aus der Pflanzenproduktion ..	13

Posterbeiträge

Posterführung 1

J. JR. MOUDRÝ, J. MOUDRÝ, J. VÁCHAL: Ecological farming – example of the sustainable multifunctional agriculture development in the Less Favoured Areas.....	16
M. FARACK, INES SCHWABE: Wirkung abgestufter Intensitäten im Ackerbau nach KULAP in Thüringen	18
A. SURBÖCK, P. FAUSTMANN, M. HEINZINGER, J. K. FRIEDEL, A. KLIK, B. FREYER: Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen	20
C. DAHLMANN, P. VON FRAGSTEIN UND NIEMSDORFF: Mischanbau von Getreide (<i>Hordeum vulgare</i> cv. Scarlett) mit Körnerleguminosen (<i>Pisum sativum</i> cv. Baccara) zur Erhöhung der Erträge in Abhängigkeit unterschiedlicher Aussaatverhältnisse und Standraumzuteilungen im ökologischen Landbau.....	22
M. OBERFORSTER: Anbaueigenschaften und Krankheitsanfälligkeit von Landsorten sowie alten und modernen Zuchtsorten bei Sommergerste	24
P. URBATZKA, R. GRAß, CH. SCHÜLER: Prüfung alter Wintererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat	26
S. WICHMANN, H. WAGENTRISTL, H.-P. KAUL: Der Anbau von Kichererbsen im Vergleich zu Körnererbsen und Sojabohnen	28
H. BÖHM: Ertrag und Futterqualität von Sorten der Blauen Süßlupine (<i>L. angustifolius</i>).....	30
K. KATROSHAN, H. STÜTZEL: Lupinenkorn zur N-Düngung im ökologischen Gemüsebau – ein Vergleich der Ausbringungsvarianten Schrot und Dichtsaat.....	32
TH. HAASE, CH. SCHÜLER, E. KÖLSCH, N. U. HAASE, J. HEß: Zum Einfluss der Vorfrucht auf Ertrag und Verarbeitungsqualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln in Abhängigkeit von der Pflanzgutvorbereitung am Beispiel zweier Sorten	34

J. RAUPP, MEIKE OLTMANN: Stickstoff-, Kalium- und Phosphorverluste während der Stallmistrotte in 11jährigen Freilandversuchen; Konsequenzen und Gegenmaßnahmen	36
W. HÜBNER, F. HÜTTNER: „Feinstoffliche Felder“ und Pflanzenwachstum	38

Posterführung 2

G. BESENHOFER, P. LIEBHARD, J. GLAUNINGER, H. WAGENTRISTL: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Beikräuterbestand im semiariden Produktionsgebiet.....	40
ANNETTE HÄBERLE, SABINE GRUBER, W. CLAUPEIN: Unkrautauflkommen bei kurzfristig variiertes Intensität der Bodenbearbeitung	42
H. HEUER, OLGA TOMANOVÁ, H.-J. KOCH: Einfluss einmaliger Befahrung mit einem 6-reihigen Zuckerrübenroder auf das Wachstum von Getreide bei differenzierter Bodenbearbeitung.....	44
OLGA TOMANOVÁ, H.-J. KOCH, H. ROGASIK, INGRID ONASCH: Bodenphysikalische Eigenschaften bei langjährig konservierender Bodenbearbeitung und ihr Einfluss auf Zuckerrübenwachstum und -ertrag	46
P. LIEBHARD, E. SCHMID, G. BODNER, H.-P. KAUL: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung und einer Zwischenfruchtbeegrünung auf Sickerwasserkriterien bei Zuckerrübe im semiariden Produktionsgebiet.....	48
T. DRYŠLOVÁ, B. PROCHÁZKOVÁ, J. KŘEN, J. MÁLEK, V. SMUTNÝ, L. NEUDERT, I. REMEŠOVÁ: Long-term effect of different soil tillage systems and straw management practices on grain yields of continuous spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	50
GISA-WILHELMINE RATHKE, B. J. WIENHOLD, W. DIEPENBROCK: Energiebilanzen von Mais und Sojabohne in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge im Mittelwesten der USA.....	52
EWA ADAMIAK, J. ADAMIAK: Photobiologische Verunkrautungsregulierung in Sommergerste	54
T. P. KUROWSKI, EWA ADAMIAK, J. ADAMIAK: Krankheitsbefall des Winterroggens in mehrjähriger Monokultur	56
B. RYCHCIK, J. ADAMIAK.: Reaktion der Futtererbse auf Monokulturanbau in Bedingungen des differenzierten Pflanzenschutzes.*	
J. BINDER, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN, M. LIU, M. DAI, P. WANG: Overview over the development of a winter wheat - summer maize double cropping system in the Northern China Plain over the last two decades	58
J. PORUBSKY, MARTINA KONKOLOVA, J. PALTIK: The interactions between the sugar beet seed and seed drills from the view of seed injury at seeding.*	

Posterführung 3

C. KRÜPL: Auswirkungen unterschiedlicher Saatzeit bei Winterweizen auf Krankheitsbefall, Ertrag und Qualität	60
J. HOLEC, J. SOUKUP, P. BARANYK: Germination ability of oilseed rape varieties under water stress conditions	62
H. LASER, W. OPITZ VON BOBERFELD, R. ALBRACHT: Keimverhalten von <i>Poa supina</i> (Schrad.) in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Keimungsbedingungen.....	64
V. BRANT, K. NECKAR, M. ZAMBOCH, DAGMAR HLAVICKOVA: Keimfähigkeit von Sommerzwischenfrüchten bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit	66
DAGMAR HLAVIČKOVÁ, SABINE GRUBER, V. BRANT, W. CLAUPEIN: Secondary dormancy as effect of water deficiency stress in some annual oilseed crops	68
D. TRAUTZ, M. HANTKE: Untersuchungen zur Beziehung zwischen Keimfähigkeit und Feldaufgang bei Schmalblättriger Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i> L.)	70
CHRISTA HOFFMANN, K.-W. BECKER, B. MEYER, B. MÄRLÄNDER: Knochen im Boden und Nulltoleranz bei Futtermitteln	72
H. BRÜCK, M. SENBAYRAM, B. SATTELMACHER: Einfluss der Sorte und der N-Düngung auf die Wassernutzungseffizienz von Tabak.....	74
W. HOFMAIR: N-Tester Datenbank – ein Hilfsmittel zur N-Empfehlung	76
R. MANDERSCHIED, S. SCHAAF, MARIE MATTSSON: Quantifizierung der NH ₃ -Emission von Unkräutern nach Glufosinatapplikation	78
RITA KAPPERT: Effekte unterschiedlicher Düngungsstrategien auf bodenphysikalische Parameter in einer Freilandgemüsebau-Anlage über 7 Jahre	80
W. HERMANN, W. CLAUPEIN: Einfluß unterschiedlicher N-Düngerformen und N-Düngungsverfahren auf den Kornertrag und die Kornqualität von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ammonium-Injektionsdüngung (Cultanverfahren)	82

Posterführung 4

S. HINCK, N. EMEIS, K. MÜLLER, O. CHRISTEN: Beprobungsarme Abschätzung pflanzenbaulich wichtiger Bodeneigenschaften auf heterogenen Flächen am Beispiel des Tongehalts mit Hilfe zweier Messsysteme (eines Bodensensors der FH Osnabrück (Eigenentwicklung) und dem Messsystem EM38)	84
E. ZILLMANN, JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Kritische Anmerkung zur Ermittlung des N-Bedarfs von Getreide mit optischen Sensoren	86
B. LIMBRUNNER, F.-X. MAIDL: Charakterisierung des Stickstoffstatus von Winterweizen mittels laserinduzierter Chlorophyllfluoreszenz.....	88
KERSTIN GRÖLL, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Einsatz von Nahsensorikmethoden zur Erfassung von Bestandeszuständen unter dem Einfluss von Pflanzenkrankheiten.....	90
JOHANNA LINK, E. ZILLMANN, SIMONE GRAEFF, W. D. BATCHELOR, W. CLAUPEIN: Entwicklung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngestrategie für Winterweizen mit Hilfe eines Wachstumsmodells	92

JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, W. D. BATCHELOR, W. CLAUPEIN: Vergleich einer praxisüblichen und teilflächenspezifisch angepassten N-Düngestrategie anhand von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten vor dem Hintergrund der SchALVO	94
F. HEINZLMAIER, M. H. GERZABEK, MONIKA TULIPAN, A. BAUMGARTEN: Pflanzennährstoffe in Österreichs Böden: Räumliche und zeitliche Variationen sowie Wechselwirkungen mit Bodeneigenschaften	96
J. SCHÄFER, JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, E. ZILLMANN, W. D. BATCHELOR, W. CLAUPEIN: Zeitliche und räumliche Variabilität von Winterweizen in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Bodeneigenschaften	98
E. ZILLMANN, JOHANNA LINK, SIMONE GRAEFF, W. D. BATCHELOR, W. CLAUPEIN: Bewertung der Genauigkeit aus Satellitendaten abgeleiteter historischer Ertragskarten	100
LISA DITTMANN, PETRA KAHLE: Ortsspezifische Untersuchungen zur bodenartenabhängigen und witterungsbedingten Ertragsdifferenziertheit auf konventionell bewirtschafteten Ackerschlägen.....	102
KARLA MÜLLER, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Teilflächenspezifische variierende Stickstoff- und Wasserverfügbarkeit als Ursache für Differenzen im Ertragspotenzial	104

Beiträge in den Symposien

Symposium 1

S. BURKART, H.-J. WEIGEL: Bestandeswasserflüsse unter zukünftigen Klimabedingungen: Vom Boden bis zur Atmosphäre.*	
R. MANDERSCHIED, H.-J. WEIGEL: Abmilderung der Wirkung von Trockenstress auf Wachstum und Ertrag bei Weizen durch erhöhte atmosphärische CO ₂ -Konzentrationen	106
M. TRNKA, Z. ŽALUD, DANIELA SEMERÁDOVÁ, M. DUBROVSKÝ, M. SVOBODA, M. HAYES, D. WILHITE, M. MOŽNÝ: Drought Occurrence under Present and Future Climate	108
U. BÖTTCHER, H. KAGE: Einsatz von Infrarot-Thermometern zur teilflächenspezifischen Erfassung von Trockenstress.....	110
R. LINKE, J. HAUMANN, W. POSTL, K. SCHWARZ, S. EITZINGER, K. HUBER, G. KAISER, P. RISCHBECK, W. SCHNEIDER, P. WEIHS: Alterations of water relations and photosynthetic performance of durum wheat (<i>Triticum durum</i> L.) and maize plants (<i>Zea mays</i> L.) grown under natural and irrigated conditions.....	112
S. SCHITTENHELM, P. WEILAND, H. SOURELL: Einfluss der Wasserversorgung auf den Biomasse- und Biogasertrag von Energiemais	114
A. WAHBI, E. STENITZER: Simulation des Wasserverbrauches und des Ertrages von Getreide im Regenfeldbau in Syrien.....	116
TANJA KRAUSE, H. BÖHM, R. LOGES, F. TAUBE, N. U. HAASE: Auswirkungen der Beregnung von Kartoffeln in Abhängigkeit der Stallmistdüngung auf den Ertrag, die Qualität sowie die Verarbeitungseignung zu Pommes frites und Chips	118

P. RISCHBECK: Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt*	
G. BODNER, ALEXANDRA STRAUSS-SIEBERTH, W. LOISKANDL, H.-P. KAUL: Konzeption von bodenhydrologischen Feldmessstellen für pflanzenbauliche Fragestellungen	120
G. PIETSCH, J. K. FRIEDEL, T. RINNOFNER, A. STRAUSS-SIEBERTH, W. LOISKANDL, S. B. KIKUTA, B. FREYER: Wasserhaushaltsmessungen in ökologisch bewirtschafteten Leguminosenbeständen im Trockengebiet Ostösterreichs	122
R. UPTMOOR, H. STÜTZEL: Anpassung von Gersten (<i>Hordeum vulgare</i> L.) DH-Linien an knappe Wasserversorgung	124

Symposium 2

F. YAN, H. WOZNIK, B. HONERMEIER: Wirkung eines Ammonium stabilisierten N-Düngers auf Sickerwasserbildung, Nitratausträge und Ertrag von Wintergetreide und Wintertraps in einem Lysimeterversuch	126
K. SIELING, H. KAGE: Beziehung zwischen N-Bilanz und Nitratauswaschung in einer Raps-Weizen-Gerste-Rotation	128
R. LOGES, M. KELM, F. TAUBE: Vergleichende Analyse der Ertragsleistung und Nitratauswaschung im ökologischen und konventionellen Ackerbau	130
P. LIEBHARD, E. SCHMID: Managementmaßnahmen bei Feldgemüse auf Nitrataustrag im Grundwassersanierungsgebiet Eferdinger Becken	132
M. DIEPOLDER, S. RASCHBACHER, TH. EBERTSEDER: Versuchsergebnisse zum P-Austrag aus Drainagen unter Grünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregenereignis	134
M. WACHENDORF, F. TAUBE: Einfluss von Nutzungsart und N-Düngungsniveau auf Nitratausträge unter Grünland.....	136
A. BOHNER, G. EDER: Nährstoff-Bilanz, Nährstoff-Effizienz und Wasserausnutzungsrate in einem Silomais-Ökosystem bei Düngung mit Rindergülle und Stallmistkompost.....	138
I. MAUSCHERNING, R. LOGES, F. TAUBE: Beisat von Zwischenfrüchten als Möglichkeit zur Reduzierung der N-Auswaschung in Wintergetreide.....	140
ANNETTE HÄBERLE, SABINE GRUBER, W. CLAUPEIN, CH. PRADE, K. STAHR: Die Auswirkungen einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitratauswaschung unter ökologischen Produktionsbedingungen	142

Symposium 3

J. PETR, IVANA CAPOUCHOVÁ, HELENA TLASKALOVÁ-HOGENOVÁ: Alternative Nutzpflanzen für die Zöliakie-Diät	144
H. GRAUSGRUBER, SUSANNE SIEBENHANDL, REGINE SCHÖNLECHNER, P. RUCKENBAUER, E. BERGHOFER: Wenig genutzte Getreidearten – Wertvolle Quellen sekundärer Pflanzenstoffe mit gesundheitsfördernder Wirkung	146

D. M. GIMPLINGER, G. DOBOS, G. SCHULTE AUF´M ERLEY, H.-P. KAUL: Ertragsbildung bei Körneramarant (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> , <i>Amaranthus cruentus</i>) in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte.....	148
J. VOLLMANN: Möglichkeiten und Grenzen der Züchtung von Sojabohnen für mitteleuropäische Anbaubedingungen	150
J. POETSCH, D. KAUTER, W. CLAUPEIN: Winterformen von Körnerleguminosen: Ergebnisse von Feldversuchen aus zwei Versuchsjahren und von drei Standorten	152
KERSTIN STOLZENBURG: Einfluss optimaler bzw. suboptimaler Wasserversorgung sowie unterschiedlicher Kaliumdüngergaben und -formen auf den Knollenertrag von drei Topinambursorten bzw. -herkünften (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) sowie auf den Gehalt von Zuckerstoffen und Fructanen in den Speicherorganen	154
C. MATTHES, B. HONERMEIER: Wirkung differenzierter N-Düngung auf Inhaltsstoffgehalt und Morphologie der Artischocke (<i>Cynara cardunculus</i> L. subsp. <i>flavescens</i> Winkl.) in einem Gefäßversuch.....	156
M. ŠTOLCOVÁ, ANNA VILDOVÁ: Qualitative Evaluation of the variety Bohemia of <i>Matricaria Recutita</i> L. in Organic and Traditional Agricultures	158
CONSTANZE BÖHMEL, BRITT SCHUMACHER, D. KAUTER, W. CLAUPEIN: Ertragspotential von Energiemais.....	160
S. FREYDANK, GISA-WILHELMINE RATHKE, W. DIEPENBROCK: Ertragspotenziale annueller und perennierender Energiepflanzen im Mitteldeutschen Trockengebiet	162
C.-H. TRESELER, R. PUDE, G. NOGA: Vergleich verschiedener Switchgrass Sorten im Hinblick auf Anbau- und Baustoffeignung	164
R. PUDE, P. BANASZUK: Eignung von <i>Phragmites australis</i> als Bau- und Werkstoff.....	166
J. VOLLMANN, CHRISTINE KARGL, TH. MORITZ, SABINE BAUMGARTNER: Agronomische Evaluierung von Zuchtmaterial des Leindotters nach Selektion auf Samenmerkmale	168
E. GRIMM, M. ASHFAQ, V. NAUMENKO, W. DIEPENBROCK: Wasserdampfsorption und -desorption in technischen Fasern von Hanf (<i>Cannabis sativa</i> L.)	170
JANA KALINOVA, J. MOUDRY: Der Sortenvergleich bei der Hirse aus der Sicht der Erträge	172
GISA-WILHELMINE RATHKE, T. RÖSER, W. DIEPENBROCK: Thermochemische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturarten in einer Vergasungsanlage.....	174

Ernst-Klapp-Zukunftspreis

D. DICKE: Lenkung teilschlagspezifischer Unkrautkontrollverfahren unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Unkräutern	176
S. DREYMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Bedeutung der Rotkleegras-Bewirtschaftung für den ökologischen Weizenanbau in Norddeutschland	181

KATJA ELSEBACH: Winterweidesysteme: Narbenzusammensetzung und floristische Diversität	185
SABINE GRUBER: Management des Bodensamenvorrats – ein Beitrag zur Sicherheitsforschung bei transgenem Raps.....	189
JOHANNA LINK: Erarbeitung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngungsstrategie in Mais mit Hilfe des prozess-orientierten Pflanzenwachstumsmodells APOLLO.....	193
H. NEUMANN, R. LOGES, F. TAUBE: „Bi-cropping“ von Getreide und Weißklee im ökologischen Landbau – Vorfruchtleistung und Management im zweiten Getreidejahr	197
JOHANNE OERLEMANS: Düngungsintensität und floristische Diversität	201

Beiträge in den Parallelsektionen

Parallelsektion 1

R. AIGELTINGER, F. ELLMER: Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus der Biogaserzeugung mit Monosubstrat Kartoffeln.....	205
V.C.S. RICHTER, O. RICHTER, J.M. GREEF: Modell für die Synthese von Inhaltsstoffen in Energiepflanzen	207
M. GAUDCHAU, TH. LUTHARDT-BEHLE, TH. BECKER, B. HONERMEIER: Feld- und Laborversuche zur Kennzeichnung der TM-Erträge und der Gasausbeute von Maissorten unterschiedlicher Reifezeit.....	209
CH. R. MOSCHNER, BETTINA BISKUPEK-KORELL: Qualitätssicherung bei Anbau und Vermarktung von high-oleic (HO)-Sonnenblumen durch Einsatz nahinfrarotspektroskopischer Methoden	211

Parallelsektion 2

K. BUCHGRABER: Niederschlagssituation und Nutzungsform im österreichischen Grünland	213
M. TRNKA, J. EITZINGER, G. GRUSZCZYNSKI, H. FORMAYER, M. DUBROVSKÝ, A. SCHAUMBERGER, Z. ŽALUD: Grassland Statistical Yield Modelling with Focus on „Dry“ Seasons	215
P. MAZUR, W. OPITZ VON BOBERFELD: Aufgang und Etablierung verschiedener Gräser und Kräuter bei abgestufter Konkurrenz	217
R. LOCK, H. NONN, W. KÜHBAUCH: RAL-Referenzierte Messung der Rasenfarbe	219

Parallelsektion 3

CHRISTIANE KELM, BARBARA LEITHOLD, E. WEBER: Methoden zur Bestimmung der Backqualität an Winterweizensorten und -stämmen in unterschiedlichen Anbausystemen	221
F.-X. MAIDL, W. HEER: Einfluss der N-Düngerform auf dessen Verwertung durch Weizen	223

S. WICHMANN, R. LOGES, F. TAUBE: Einfluss von sommerannuellen Leguminosenvorfrüchten und unterschiedlich terminierten Gülle-N-Gaben auf Ertrag und Kornrohproteingehalt von Winterweizen.....	225
M. BAUMECKER, F. ELLMER: Zur Stickstoffdüngung von Winterroggen.....	227

Parallelsektion 4

G. SOJA, J. EITZINGER, W. SCHNEIDER, ANNA-MARIA SOJA: Auswirkungen meteorologischer Extreme auf die Pflanzenproduktion in Österreich.....	229
D. KÖPPEN: Pflanzenbau auf ertragsschwachen Standorten.....	231
G. BODNER, W. LOISKANDL, H.-P. KAUL: Einfluß von Durchwurzelungsparametern von Zwischenfruchtbegrünungen auf die Infiltration im nahgesättigten Bereich....	233
J. VAŠÁK, D. BEČKA, P. CIHLÁŘ: Support of winter rapeseed and poppy emergence during drought.....	235

Posterbeiträge

Posterführung 5

UTE MENGE-HARTMANN: Schätzung von Atmungsverlusten bei Energiemais in Abhängigkeit von der Temperatur.....	237
D. M. GIMPLINGER, R. SCHÖNLECHNER, H.-P. KAUL: Kornqualität von Amaranth (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> , <i>Amaranthus cruentus</i>) in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte.....	239
J. PETERKA, JANA KALINOVA, J. BARTA, JAN MOUDRY: Die Lebensmittelnutzung des Amaranthes.....	241
S. KAÇIU, S. FETAHU, S. RAMADANI, S. ALIU: Effect of different types of substrates in growth intensity of seedlings at different varieties of pepper.....	243
H. WAGENTRISTL, H. VOLLMANN, H.P. KAUL: Anbaueignung von Edamame-Sorten im pannonischen Klimaraum (Gemüsesojabohne).....	245
KATHARINA KUHN, KARIN FÖRSTER, W. DIEPENBROCK: Antifungale Wirksamkeit von Extrakten aus fünf Holundersorten.....	247
A. LÖSSL: Produktion nachwachsender Rohstoffe in gentechnisch veränderten Nutzpflanzen: Der Sicherheitsaspekt.....	249
B. HONERMEIER, P. M. MARTINS, F. YAN, K. ZITTERL-EGLSEER, C. FRANZ: Stabilität von Karotinoiden, Flavonoiden und Faradiolmonoestern in Ringelblumen (<i>Calendula officinalis</i> L.) in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Lagerungsbedingungen.....	251
A. GHASEMNEZHAD, B. HONERMEIER: Effect of harvest time and harvest method on seed yield and seed quality of evening prime rose (<i>Oenothera biennis</i> L.).....	253
CH. GASTL, H. SCHMID, K.-J. HÜLSBERGEN: Potentielle Stickstoffverluste im intensiven Hopfenanbau am Beispiel der Hallertau.....	255
PETRA KAHLE, B. KOOP, BARBARA BOELCKE: Der Blattflächenindex als Indikator für den Wasserverbrauch von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb.....	257

N. GHUNEIM, R. GRETZMACHER: Optimierung des Wassereinsatzes bei Erdbeere (*Fragaria ananassa*) im Gaza-Streifen/Palestina.259

Posterführung 6

M. GIERUS, ANTJE HERRMANN, SANDRA KRUSE, JANA KLEEN, F. TAUBE: Gehalt an Fraktion A (Nicht –Protein Stickstoff) des Rohproteins verschiedener Futterpflanzen im Vegetationsverlauf.....261

H. KÄDING, G. PETRICH: Kombinationseffekte variiertes Grünlandbewirtschaftung auf Niedermoor*

G. SCHLIMBACH, W. OPITZ VON BOBERFELD: Winterbeweidung und ihr Effekt auf die Permeabilität des Oberbodens.....263

ANNE SCHIBORRA, M. GIERUS, F. TAUBE: Ertragsbildung und Futterqualität unter Einfluss verschiedener Nutzungshäufigkeit in Grasland-Ökosystemen der Inneren Mongolei265

BETTINA TONN, U. THUMM: Räumliche Heterogenität einer Umtriebsweide267

S. GOTTARDI, T. FRICKE, M. WACHENDORF: Untersuchung der Standortwirkung auf das Vorkommen von Weißklee in einem ökologisch bewirtschafteten Grünlandbestand269

U.-O. BAATAR, P. LIEBHARD, B. KLUG, J. ZÖCHBAUER: Pflanzensoziologische Beurteilung eines 35-jährigen NK-Grünlandversuches im niederösterreichischen Alpenvorland271

LISA DITTMANN, RENATE BOCKHOLT: Diversität höherer Pflanzen auf typischen Grünlandstandorten in Mecklenburg-Vorpommern273

M. WACHENDORF, S. BIEWER, A. BRUNN, M. HIMSTEDT, S. ERASMI, CH. FISCHER, T. FRICKE, M. KAPPAS: Störungsfreie Erfassung struktureller und funktionaler Eigenschaften gemischter Futterbau-Bestände275

A. SCHAUMBERGER, M. TRNKA, J. EITZINGER, H. FORMAYER: Implementierung eines Bewertungsmodells für Trockenschäden in einem Geographischen Informationssystem (GIS)277

H. LASER: Einfluss von Standort, Ca- und N-Gaben auf die Konzentrationen ausgewählter Spuren- und Mengenelemente von Weidefutter279

M. STERZENBACH: Mineralstoffmuster von Primäraufwüchsen verschiedener Pflanzengesellschaften281

Posterführung 7

M. STERZENBACH, JULIA FISCHER, W. OPITZ V. BOBERFELD: Zur Problematik der Futterwertschätzung von Arten extensiv bewirtschafteter Weiden.....283

M. STERZENBACH: Zum Effekt di-/tetraploider *Lolium perenne*-Sorten sowie mittel-/ großblättriger *Trifolium repens*-Formen in Mähweide-Mischungen auf Ertrag und Gäreignung.....285

HEIKE HAHN, K. ANDREEVA, E. WILLNER: Einfluss von Höhenlage und Wasserangebot auf das Vorkommen endophytischer Pilze in verschiedenen Gräsern287

P. GOLIŃSKI: Relationship between nitrogen status in leaf blades and seed yield of <i>Lolium perenne</i>	289
RENATE BOCKHOLT, ELKE HILDEBRANDT, LISA DITTMANN: Ausdauer verschiedener Grasarten und Differenzierung der organischen Bodensubstanz nach 10-jähriger Rasennutzung unter Berücksichtigung von wöchentlichem Schnitt für Zierrasen und 2-maligem Schnitt für Landschaftsrassen	291
MICHAELA NEFF, W. OPITZ VON BOBERFELD: Zur Variabilität des Mineralstoffmusters verschiedener Ackerpferch-Zwischenfrüchte	293
JANA KLEEN, M. GIERUS, F. TAUBE: Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung	295
SANDRA KRUSE, ANTJE HERRMANN, A. KORNER, F. TAUBE: Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais (<i>Zea Mays</i> L.) - Quantifizierung der umweltbedingten Variation mit dem Modell FOPROQ	297
ANTJE HERRMANN, A. KORNER, F. HÖPPNER, J. M. GREEF, J. RATH, F. TAUBE: Regionale Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis	299
REGINA HRBEK, GABRIELE PIETSCH, J. K. FRIEDEL: Auswirkungen variiertes Nutzungstermine auf den Ertrag und die Stickstofffixierleistung in ökologisch bewirtschafteten Luzernebeständen im pannonischen Klimaraum Ostösterreichs	301
W. OPITZ VON BOBERFELD: Gäreigenschaften und Gärfutterqualität festucoider und loloider Gattungsbastarde	303
MICHAELA NEFF, W. OPITZ VON BOBERFELD: Gerüstsubstanzen und in vitro-Verdaulichkeit organischer Substanz von Ackerpferch-Zwischenfrüchten	305
M. GIERUS, ANTJE HERRMANN, F. TAUBE: In vitro Rohproteinabbaubarkeit von Futterleguminosen und Silomais	307
M. GIERUS, JANA KLEEN, F. TAUBE: Veränderung der Proteinqualität von Futterleguminosen im Primäraufwuchs	309

Posterführung 8

JULIA FUCHS, NICOL STOCKFISCH: Öko-Effizienz in der Pflanzenproduktion – das Beispiel Zuckerrübe	311
R. LINKE, E. PFUNDTNER, H.R. BOLHÄR-NORDENKAMPF, G. DERSCH, M. MEISTER: Crops and climate change: Influences of changed growth conditions on water relations and yield of different cultural crops	313
A. SASSE, F. ELLMER: Die Düngewirkung häuslicher Teilströme	315
A.-K. SCHMITT, S. ULRICH, S. TISCHER, H. TANNEBERG, B. HOFMANN, O. CHRISTEN, G.-W. RATHKE, W. DIEPENBROCK: Auswirkungen des Energiepflanzenbaus auf C-Gehalt und physikalische Bodeneigenschaften	317

S. ULRICH, J. RÜCKNAGEL, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Einfluss langjähriger organischer Düngung auf physikalische und mechanische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde.....	319
L. SCHMIDT: Wirkung langjähriger Stroh- und N-Düngung auf Boden und Pflanzen	321
S. BOTH, S. TISCHER, B. HOFMANN, H. TANNEBERG, O. CHRISTEN: Veränderung von fruchtbarkeitsrelevanten Bodeneigenschaften durch Aufforstung landwirtschaftlich genutzter Flächen	323
F. HERBST, B. HOFMANN: Ursachen und Auswirkungen von Wachstumsstörungen bei Sommerweizen in einem Feldbestand	325
P. ZLABEK, T. KVITEK: Analysis of linkage between abiotic and biotic parameters and runoff characteristics and water quality in small catchment situated on drystalinne rocks in Czech Republic*.	

Posterführung 9

T. JOHNEN, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Variation der N-Nettomineralisation in Winterweizenbeständen: Ansätze zur räumlichen und dynamischen Abschätzung	327
LUCIE JOZEFYOVÁ, J. URBAN, J. PULKRÁBEK: Chlorophyll content (SPAD values) variations in sugar beet leaves.....	329
T. DORNBUSCH, P. WERNECKE, W. DIEPENBROCK: VICA-E – ein Baustein zur Kopplung von Architektur- und Prozessdynamik am Beispiel der Sommergerste (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	331
D. WIECHERS, KATRIN KAHLLEN, H. STÜTZEL: Methode zur Bestimmung der Lichtaufnahme in Abhängigkeit der Bestandesarchitektur von Gurken (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	333
M. KOHL, H. KAGE: Softwaregestützte Digitalisierung von Parametern der Wurzelsystemarchitektur.....	335
J. MÜLLER, H. BRAUNE, ANJA KAHLAU, W. DIEPENBROCK: Integrating Leaf Physiology into Virtual Plant Models: A Leaf-based Process Model that Couples Photosynthesis, Senescence, N-Status, and C-Balance.....	337
KARLA MÜLLER, U. BÖTTCHER, H. KAGE: Modellierung der phänologischen Entwicklung von Winterraps.....	339
SABINE GRUBER, W. CLAUPEIN: Reproduktionspotenzial von Durchwuchsraps	341
J. EITZINGER, M. TRNKA, G. GRUSZCZYNSKI: Wachstums- und Ertragsmodellierung für das österreichische Grünland	343
D. MA, H. STÜTZEL: Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Sortenwahl*	

Posterführung 10

CHRISTINE KENTER, CHRISTA HOFFMANN: Qualitätsverschlechterung frostgeschädigter Zuckerrüben bei der Lagerung	345
A. WEBER, SIMONE GRAEFF, W. HERMANN, W. CLAUPEIN: Acrylamid-Bildungspotential verschiedener Getreidearten – Welche Rolle spielt die Sorte?.....	347
H. GRAUSGRUBER, SUSANNE SIEBENHANDL, INGRID WEINZETL, P. RUCKENBAUER, E. BERGHOFER: Einfluss von Genotyp und Umwelt auf den Gehalt sekundärer Pflanzenstoffe bei Sommergerste	349
BRITTA KOWALSKI, F. J. TERRY, D. A. PEÑALVER, CH. UNGER, D. KÖPPEN: Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln.....	351
V. SHALA-MAYRHOFER, M. LEMMENS, S. SALIHU, H.-P. KAUL: Untersuchungen zum Befall von Ährenfusariosen an internationalen Weizensorten im Kosovo	353
R. HONARNEJAD, M. GHODSI, M. ALLAHGHOLIPOOR: Korrelative Beziehungen zwischen dem Kornertrag und den wichtigen agronomischen Eigenschaften beim Hybridreis (<i>Oryza sativa</i> L.).....	355
O. EREKUL, F. ELLMER, F. ÖNCAN, I. YAVAS: Ertrag und Qualität von Winterweizen und Sommergerste in der Westtürkei. Vergleichsuntersuchungen deutscher und türkischer Sorten	357
M. HERNDL, SIMONE GRAEFF, W. CLAUPEIN: Ideotyping approach: Finding suitable wheat varieties for a sustainable crop production in the North China Plain.....	359

Beiträge in den Parallelsektionen

Parallelsektion 5

S. DEIKE, B. PALLUTT, O. CHRISTEN: Langzeitwirkungen von Pflanzenschutzmaßnahmen in Bezug auf die N-Effizienz.....	361
KATRIN KAHLEN, H. STÜTZEL: Dreidimensionale Modellierung und Visualisierung der Lichtinterzeption.....	363
R. MANDERSCHIED, A. PACHOLSKI, H.-J. WEIGEL: Hinweise auf eine Senkenlimitierung des Wachstums von Zuckerrüben unter erhöhter atmosphärischer CO ₂ -Konzentration.....	365
V. PAČUTA, JANA FECKOVÁ, I. ČERNÝ: Sugar Beet Growth and Agronomic Parameters in Dependence on Foliar Preparations containing Bioactive substances	367
HEIKE HAHN, M.A. MCMANUS, D.B. SCOTT: Unterschiede im Wasserhaushalt von Deutschem Weidelgras mit und ohne Endophytenbesiedelung.....	369
J. PETER BARESEL, H. J. REENTS, G. ZIMMERMANN: Einfluss des Genotyps und der Stickstoffversorgung auf die Backqualität und die Zusammensetzung der Kleberproteine bei Winterweizen	371

Parallelsektion 6

H. P. PIEPHO: Zur Durchführung von Mittelwertvergleichen in unbalancierten Versuchen.....	373
IRYNA TARTACHNYK, W. KÜHBAUCH: Einsatzmöglichkeiten der Laser-Induzierten-Fluoreszenz zur Differenzierung der dikotylen und monokotylen Unkrautarten	375
SIMONE GRAEFF, W. D. BATCHELOR, W. CLAUPEIN: Site-specific application of fungicides – Technologies and tools to identify pathogens and for decision support.....	377
N. SIEBRECHT, M. KAINZ, K.-J. HÜLSBERGEN: Integration teilflächenspezifischer Informationen in ein Umweltmanagementsystem	379
M. KOHL, H. KAGE: Ansätze zur Abschätzung des Einflusses der Wurzelsystemarchitektur auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze.....	381
J. HENKE, H. KAGE, K. SIELING: Einfluss von Unsicherheit auf die optimale N-Düngermenge und die N-Bilanz	383

Parallelsektion 7

MEIKE FISCHER, J. RAUPP, MEIKE OLTMANN, V. RÖMHELD: Mikronährstoffversorgung in einem Langzeitversuch mit Stallmist- und mineralischer Düngung; pflanzenbauliche Konsequenzen für den Ökologischen Landbau.....	385
K. SCHMIDTKE: N-Rhizodeposition bei Leguminosen: Messgenauigkeit, Modellierung und Bedeutung für den Pflanzenbau	387
E. M. PÖTSCH, R. RESCH: Bewirtschaftungsintensitäten und Nährstoffflüsse in den Grünlandgebieten Österreichs	389
T. RINNOFNER, J. K. FRIEDEL, R. FARTHOFER, G. PIETSCH, B. FREYER: Effizienz verschiedener Zwischenfruchtvarianten unterschiedlich hohen Leguminosenanteils in der Reduktion der Mineralstickstoffgehalte im Boden unter pannonischen Standortbedingungen	391
J. DEBRUCK: Biodünger aus der Zuckerrübe	393
A. BÜCHSE, HEIDI BOUWS-BEUERMANN, MARIA FINCKH, H.-P. PIEPHO: Modellierung räumlich und zeitlich strukturierter Daten am Beispiel eines Feldversuchs zur integrierten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau	395

Parallelsektion 8

STEPHANIE KLUTH, CH. KLUTH, R. APFELBECK: Einfluss von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf die Späte Rübenfäule (<i>Rhizoctonia solani</i>) an Zuckerrüben.....	397
J. BISCHOFF, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Auswirkung konservierender Bodenbearbeitung auf die Ausnutzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers	399
J. DIECKMANN, H. MILLER, H.-J. KOCH: Wirkung langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Kenngrößen der Bodenstruktur.....	401

H. WAGENTRISTL, P. LIEBHARD, H.P. KAUL: Ertragsverhalten ausgewählter Kulturen bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren im pannonischen Klimaraum	403
M. OBERFORSTER, M. WERTEKER: Der Kornproteinерtrag als Merkmal des landeskulturellen Wertes von Winter- und Sommerweizen	405
SANDRA KRUSE, ANTJE HERRMANN, F. TAUBE: Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais (<i>Zea Mays</i> L.) - Quantifizierung der genotypbedingten Variation	407
Autorenverzeichnis	409

* *Beitrag lag bei Redaktionsschluß nicht vor*

Wassertransport im Pflanzenkörper – worüber wissen wir noch zu wenig?

Hanno Richter & Silvia B. Kikuta*

Der Wassertransport vom Boden durch den Pflanzenkörper in die Atmosphäre findet über weite Strecken in den toten Leitelementen des Xylems statt. Menge und Energiezustand des transportierten Wassers können durch den Formalismus des Darcy'schen Gesetzes beschrieben werden, einer Analogie zum Ohm'schen Gesetz der Elektrizitätslehre. Wir haben es also auch hier mit Potentialdifferenzen, Flüssen und Widerständen zu tun. Diese beiden Tatsachen könnten nun eventuell dazu verleiten, den Wassertransport als ein einfaches, rein physikalisches Problem aufzufassen, das bereits mit unseren heutigen Kenntnissen vom Leitweg und seiner Struktur die quantitative Berechnung der Parameter des Wassertransports aus einfachen Grundgrößen und eine exakte Modellierung ermöglicht. Diese Schlussfolgerung ist jedoch ziemlich verfehlt. Unsere Kenntnisse haben noch empfindliche Lücken, und um diese soll es hier gehen. Wir werden also dem Wasser durch den Pflanzenkörper in die Atmosphäre folgen und dabei immer dann etwas ausführlicher werden, wenn wir eine Stelle erreichen, für die noch Forschungsbedarf besteht. Hier sollen diese Problemzonen zunächst kurz beschrieben werden.

Die *Feinwurzeln* nehmen das Wasser über die Wurzelhaare in den Pflanzenkörper auf. Anschließend wird es quer durch das Parenchym der Wurzelrinde bis zur Endodermis transportiert. Trotz der kurzen Wegstrecke ist hier mit einem beträchtlichen Widerstand zu rechnen. Der gesamte Potentialabfall hängt nicht allein vom Widerstand der Einzelwurzel ab, sondern besonders davon, auf wie viele parallele Feinwurzeln sich das in der Zeiteinheit bewegte Wasservolumen aufteilt. Die Literatur zeigt, dass selbst die Zählung und die Massebestimmung von Feinwurzeln noch mit vielen Unsicherheiten behaftet ist; die Dynamik ihrer Neubildung und ihres Absterbens wurde daher noch wenig untersucht.

Beim Übertritt in die Leitelemente des *Xylems* erreicht das Wasser den Ferntransportweg, der sich von der Wurzel über den Stamm bis in die Blätter erstreckt. Hier gerät die Wassersäule unter Zugspannung und wird damit metastabil. Man kann auch tatsächlich beobachten, dass es zu Kavitationen, also zum Abreißen der Wassersäule in einzelnen Tracheen oder Tracheiden, und zu Embolien, der anschließenden Auffüllung des entstehenden Vakuums durch Gase, kommt. Die Entstehung von Kavitationen lässt sich mit empfindlichen Mikrofonen verfolgen und ihre Abhängigkeit von den Wasserpotentialen bestimmen. Zahlreiche quantitative Angaben gibt es für Stämme und Blätter von Holzpflanzen, sie sind aber für Kräuter sehr spärlich und fehlen allgemein für Wurzeln. Messungen der Leitfähigkeit von Stämmen und Blättern zeigen zudem, dass die einmal entstandenen Kavitationen auch wieder aufgefüllt werden können, woran sich Stoffwechselfvorgänge beteiligen. Diese experimentell gesicherte Tatsache bietet aber eine Reihe von theoretischen Schwierigkeiten, so dass die beteiligten Mechanismen noch keineswegs klar sind.

Im Verlaufe des Xylemwegs treten *Diskontinuitäten* auf. Darunter versteht man anatomische Bereiche, in denen die Leitelemente umgruppiert werden und meist auch in Zahl, Länge und Durchmesser vom Großteil der Leitstrecke abweichen. Bei krautigen Pflanzen, mit denen wir uns hier hauptsächlich beschäftigen, sind solche

* Institut für Botanik, Department für Integrative Biologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel – Str. 33, 1180 Wien, Österreich. E-mail: hanno.richter@boku.ac.at

Diskontinuitäten vor allem beim Austritt von Seitenwurzeln aus ihrer Mutterwurzel, im Bereich des Wurzelhalses, in den Knoten und in den Blattstielen zu finden. Im allgemeinen herrschen im Bereich der Diskontinuitäten erhöhte Transportwiderstände, so dass etwa zwischen dem Stammxylem und dem Blattxylem ein deutlicher Potentialabfall zu beobachten ist.

Im *Blatt* teilt sich der Transportweg des flüssigen Wassers in ein Netz miteinander verbundener Adern unterschiedlicher Dimension auf, die ihrerseits wieder mit den lebenden Mesophyllzellen in engem Kontakt stehen. Die Verteilung der Widerstände in den Blättern ist noch recht unklar. Wir wissen nicht genau, an welchen Stellen das Wasser aus den feinen Adern in die Mesophyllzellen übertritt und über diesen Weg die Zellwände erreicht, die die Atemhöhlen auskleiden. Dort geht der Transport in der flüssigen Phase zu Ende.

Die Widerstände entlang dieser Strecke vom Boden bis zu einem gegebenen Messpunkt führen zu numerischen Werten für das *Gesamtwasserpotential*, die beim Vergleich von holzigen und krautigen Pflanzen ein Rätsel bergen: Die Absolutwerte, die in hohem Maße von den Transportwiderständen abhängen, sind etwa für Blätter ganz ähnlich, obwohl die Leitstrecken vom Boden her sehr verschieden lang sind. Bei niederwüchsigen krautigen Pflanzen wären die Investitionen in eine effizientere Struktur des Leitsystems aber so unerheblich, dass wir einen positiven Selektionswert höherer Leitwiderstände bei Kräutern vermuten können. Worin liegt dieser?

Die Diffusion des Wassers in der *Gasphase* aus dem Blatt in die Atmosphäre ist eine Konsequenz des CO₂-Bedarfs für die Photosynthese. Die Austauschrate ist bekanntlich sehr schlecht, wofür der Unterschied in den Diffusionsraten des Spurengases CO₂ und des hochkonzentrierten Wasserdampfes verantwortlich ist.

Der Vortrag wird einige dieser Schwachpunkte in unseren Kenntnissen näher beleuchten und auf die Diskrepanzen zwischen dem gut abgesicherten Gesamtwissen vom Wassertransport durch den Pflanzenkörper und den fehlenden Angaben über einzelne Glieder in der Transportkette eingehen.

Strategies and tactics for efficient use of water in rainfed crop production

David J. Connor*

Introduction

Plants accumulate biomass by exchanging water obtained from the soil for carbon dioxide from the atmosphere. The linkage between carbon assimilation (A) and transpiration (T) is an inescapable feature of the morphology and physiology of plant growth. The ratio A/T is inversely proportional to the vapour pressure deficit (Δe) of the atmosphere and defines an intrinsic transpiration efficiency [$k = A/(T/\Delta e)$] applicable to given species over a wide range of growing conditions.

This paper will discuss the additional features of crop growth and water use that modify the A/T relationship at the leaf level and show how a few simple principles explain a wide array of management interventions that allow farmers to increase the yield of crops in water-short environments. It will distinguish between strategies that are production plans devised to meet overall conditions, and tactics that are variations to management made to improve performance or reduce costs (greater economic return) when conditions change. Attitudes to risk play a major part in management decisions, especially by farmers in variable environments and with limited resources. Production objectives and management systems change in response to changing environmental and economic conditions and to available technology. The paper will conclude with a discussion of measurement, models and decision-support systems to help farmers tailor management solutions for individual crops and environments.

Crop water balance, growth and yield

The link between assimilation and growth (accumulation of biomass) is sufficiently strong that crop growth and water use can be related by the following equation (Taylor et al., 1983).

$$B = k (T / \Delta e) = k (ET - E) / \Delta e \quad (1).$$

Here, B is growth (g/m^2), k transpiration efficiency (g/L. mbar), Δe is vapour pressure deficit (mb), T is transpiration, E is evaporation from the soil, and ET is evapotranspiration ($E + T$), the last three mm ($= \text{L/m}^2$). B/T is crop transpiration efficiency and B/ET is crop water-use efficiency (WUE), both g/L.

Most crops are grown for their reproductive yield so that there is more to maximizing yield than there is to maximizing biomass. The relationship between yield (Y) and growth (B), the harvest Index (Y/B), depends upon the seasonal pattern of growth relative to the phenological development of the crop, because therein lay the sequential steps of vegetative growth, flowering, seed set, and seed filling. The differential response of these steps to water supply explains the observable differences between HI of individual crops as well as of crop species.

The HI of determinate crops is related (Eqn. 2) to the seasonal pattern of transpiration before and after anthesis (Sadras and Connor, 1991) as

$$HI_{pv} = P_T [1 - (a - b P_T)] \quad (2).$$

* School of Agriculture and Food Systems, The University of Melbourne, Victoria 3010, Australia
(djconnor@unimelb.edu.au)

Here, HI_{pv} is harvest index corrected for production value (McDermitt and Loomis, 1981) and P_T is the proportion of crop transpiration (T_{em}) after anthesis (T_{am}) modulated against evaporative potential during those phases $[(T_{am} \Delta e_{em}) / (T_{em} / \Delta e_{am})]$. Eqn. 2 also contains physiological insights. The parameter 'a' is the 'potential' contribution of pre-anthesis assimilate to yield, i.e. the limit of $(a - b P_T)$ as P_T tends to zero. The limit of HI when P_T tends to unity is $1/(1 - a + b)$ and represents the 'potential (sink-limited)' HI. Yield is source limited when $P_T < a/b$ but is sink limited when $P_T > a/b$. The optimal pattern of crop water use occurs when pre-anthesis growth produces the sink that can just be filled by post-anthesis growth and mobilized assimilate. Any other pattern of water use produces sink capacity that is either too large or too small for growth capacity after anthesis (Fischer, 1979).

Principles of efficient water use in water short environments

The relationships developed above (Eqns. 1 and 2) establish a set of principles for the efficient use of water in crop production. Essentially, the objective is to increase T, at the expense of runoff, drainage, and E, while optimising the partition of T between vegetative and reproductive periods. Farmers can apply many interventions, as follows.

Growth will be maximized when management increases ET by:

- Providing additional water (fallowing, irrigation)
- Improving the capacity of soil to accept- minimize runoff (surface management, stubble, tillage, include terraces, contour, etc)
- Increasing root penetration and or density to increase access to soil water – minimize drainage (subsoil management for physical or chemical limitations)
- Control weeds to maximize crop ET
- Selecting crops with the longest growing season possible to use all available water.

Growth will be maximized when management increases WUE by:

- Reducing E relative to ET (mulching, surface management, rapid leaf cover)
- Ensuring that no factor other than water limits growth (nutrients, pests etc)
- Sequencing crops to provide disease control (e.g. *Brassica* crops for soil-borne diseases)
- Growing crops in locations or at times of year when evaporative demand (Δe) is small (often requires cold tolerance)

Growth will be maximized when management increases TE by:

- Selecting (breeding) crops that have high transpiration efficiency (k)

Given the above, yield (and economic return) will be maximized by:

- Selecting crops with development patterns that balance vegetative and reproductive growth
- Managing crops to balance vegetative and reproductive growth (sowing time, pattern, and density, crop nutrition, grazing to reduce leaf area)
- Growing a range of crops to provide efficiencies in sowing and harvesting times and responses to water shortage (risk minimization)

Developing Strategies

Cropping strategies evolve to meet social and economic objectives by selecting crop options from species that are sufficiently adapted to the soils and climate and adopt-

ing and adapting available technologies. Two important features arise. The first is that chosen crops are not necessarily the best adapted but are those that provide the greatest or most secure return on investment and labour. The second is that cropping systems adapt to changing markets and available technology. This explains the continuing focus on improving adaptation of crops to specific environments, and changing to meet external circumstance.

Four phases of the 200-y history of wheat production in the State of Victoria, Australia (rainfall 250 to 500 mm, ETo > 1200 mm) (Connor, 2005) reveal the continuing evolution of cropping strategy. In the initial phase, when settlers grew wheat in continuous culture on parts of farms, yield decreased as native fertility was extracted. At the turn of the century (C20), low yields forced many farmers from the land, while the survivors adopted a fallow-wheat rotation with phosphatic fertilizer, following research at Rothamstead, UK. Wheat yield increased and by mid C20 had returned to the original levels. The next major change, implemented after WWII, was an Australian invention. High prices for wool encouraged farmers to apply fertilizer to pastures to increase productivity. Annual legumes responded, increased the fertility of the soil, and wheat was now grown in rotation with legume-based pastures. The result was a closely integrated system of crop and animal production that survived for 40 y. In the 1980s, reduced pasture productivity caused by acidification of the soil, but more so by low wool process and the continuing decrease of wheat profitability, encouraged the development of a more intensive and diverse cropping system.

Change continues especially in farm size, crop diversification, fertilizer practice, herbicides, conservation tillage, precision seeding, machinery size, and timeliness of operations etc. Also important is the education and attitude of farmers who now better understand variability and rainfall and yield. Farmers are experimenting at the margin of the current strategy, driven by economic as well as ecological forces. History tells us that some major advance in technology or major shift in economic conditions is required to form a new system. To be acceptable a new system must cover the opportunity cost of change and be economically superior to that it replaces (Pannell, 1999).

Adding tactical variation

There are many tactical possibilities for farmers to adapt to rainfall variability and many do so, especially those with a sound business approach to farming and with the fodder and cash reserves that enable them to accept risk. Options include changing cultivars or crops in response to the timing of the autumn break or changing prices, adjusting crop density and fertilizer to present or predicted rainfall, adding or removing a planned fallow, introducing break crop for disease or weed control, and grazing-off crops in years of low spring rainfall.

An interesting example is that of tactical N application to manage fertility according to water supply. A useful starting objective is to increase the probability of high financial return to applied N in years of high rainfall and to avoid expenditure on N fertilizer in drought years. Success depends upon measurement and judgement. In the first place, measurement of soil water and N content at sowing provides, with experience, a clue to the likely yield and crop N requirement. Records of rainfall and measurement of crop N status at tillering (tiller density, leaf colour, sap nitrate) allow further adjustment and estimation of N demand. The next clue to success lays in forecasts of seasonal rainfall that are available with a range of reliability. These are based on correlations between monthly rainfall, comparison of rainfall patterns with previous years, and more recently, correlations with sea temperatures or regional

pressure patterns, as with the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon. Even late applications of N around flowering can, in some circumstances, provide good returns to cost of fertilizer and application.

Measurement, model building and decision support systems

From a systems perspective, greatest interest lays in how to apply tactical variations to currently established cropping strategies. All decisions will be taken under uncertainty, so farmers must be the decision makers. Farmers put their money and risk and need all possible information and interpretation to take actions with the greatest probability of success. One part of this is measurement and record keeping: e.g. historical records of seasonal progress and ultimate yields from individual fields supplemented by measurements of starting conditions, weather, and records of previous interventions. New options are available to observe spatial crop performance from aerial and satellite photographs and from yield maps generated from GIS-equipped harvesters. Predictions of crop process and seasonal climate forecasts are available on the internet. Additional information does not necessarily improve decision making, the key to success is to find the critical pieces and how to combine them. That is where crop models and the decision support systems that can be constructed from them can play a major role. The point to be made here is that continuing work is required to add to the present achievements. The challenge is to improve the understanding of crop growth and response to environment and to add new technologies to the major problem of information collection and analysis.

Discussion

There is a tendency these days to see agronomic advances in crop performance as thing of the past and to look for genetic solutions for future gains (Milford, 2000). There are serious flaws in this attitude. First, there remains a wide gap between current yields and currently attainable yields that can only be solved by good agronomy. Second, genetic solutions, and let us hope for them, can only be realized with good agronomy. Agronomy must continue to develop and adjust to changes in social requirements, markets, climate change, and importantly, continue to evaluate new technologies as they arise. In this way agronomy can remain a dynamic discipline ready to incorporate genetic advances while not relying upon them for continuing advancement. The future is for more understanding and more technology; more sensors, more models, more options and more control.

References

- Connor, D. J., 2005. Designing cropping systems for efficient use of limited water in southern Australia. *European Journal of Agronomy* 21: 419-431.
- Fischer, R. A., 1979. Growth and water limitations to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 45: 83-94.
- McDermitt, D. K., Loomis, R. S., 1981. Elemental composition of biomass and its relation to energy content, growth efficiency and growth yield. *Annals of Botany* 48: 275-290.
- Milford, B., 2000. Crop improvement in the 21st century. *Journal of Experimental Botany* 51: 1-8.
- Pannell, D. J., 1999. Social and economic challenges in the development of complex farming systems. *Agroforestry Systems* 45: 393-409.
- Sadras, V. O., Connor, D. J., 1991. Physiological basis of the response of harvest index to the fraction of water transpired after anthesis: A simple model to estimate harvest index for determinate species. *Field Crops Research* 26: 227-239.
- Taylor, H. M., Jordan, W. R., Sinclair, T. R., (Eds.) 1983. *Limitations to Efficient Water use in Crop Production*, American Society of Agronomy, Madison WI.

Auswirkungen des globalen Klimawandels auf Wasserbedarf und -verfügbarkeit in der Pflanzenproduktion

Helga Kromp-Kolb & Herbert Formayer*

Der globale Klimawandel und seine Ausformungen in Mitteleuropa

Es besteht kein Zweifel mehr, dass weltweit eine Änderung des Klimas stattfindet. Die Temperatur ist im letzten Jahrhundert im globalen Mittel um etwa 0,6°C gestiegen ist, wobei dieser Anstieg der rascheste der letzten 1000 Jahre ist, und die erreichten Temperaturen die höchsten in diesem Zeitraum sind [IPCC 2001]. In Europa stieg die Temperatur in diesem Zeitraum um etwa 0,8°C, im Alpenen Raum um bis zu 2°C, wobei alle Höhenlagen betroffen sind [ÖGM 2003]. Hitzeperioden zeigen eine eindeutige Tendenz zur Zunahme, sowohl hinsichtlich Anzahl als auch Andauer (Abbildung 1).

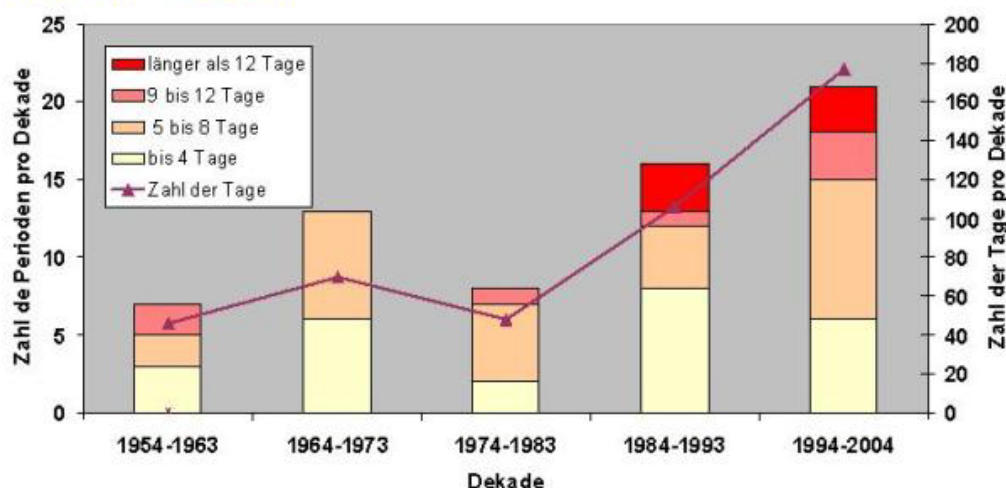


Abb. 1: Entwicklung der Zahl der Hitzetage und Hitzeperioden nach Kyselý [Kyselý et. al, 2000] in Österreich seit 1954. (Graphik auf Basis von Analysen von AUER et. al. 2005).

Es ist eine Zunahme der Niederschläge in den mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre festzustellen, wobei dies mit häufigerem Auftreten von Starkniederschlägen einhergeht [IPCC 2001]. Im Alpenen Raum trifft dies vor allem für den westlichen Teil zu – in der West- und Nordschweiz wurden z.B. bis zu 40% Niederschlagszunahme im Winter analysiert. Im südalpinen Raum und im Osten Österreichs ist hingegen eher ein Rückgang der Niederschlagsmengen festzustellen. Mit wenigen Ausnahmen gehen Gletscher und Vereisung zurück. Die Untergrenze des Permafrostbereiches ist in den letzten 100 Jahren in der Schweiz um ca. 150 m bis 250 m gestiegen. Skilifte oder Lawinenverbauungen, die in diesen Böden verankert sind, verlieren an Stabilität. Der Meeresspiegel ist im letzten Jahrhundert um 10 bis 20 cm gestiegen, und der Anstieg scheint sich zu beschleunigen.

Mit globalen Klimamodellen (GCM), die das derzeitige physikalische Verständnis der Klimaprozesse in mathematische Formeln kleiden, lässt sich abschätzen, wie die zukünftige Entwicklung aussehen könnte. Voraussetzung sind allerdings Annahmen über die zukünftige Emissionsentwicklung, die ihrerseits von Faktoren wie

* Universität für Bodenkultur, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Meteorologie, Wien

Bevölkerungswachstum, technologischer Innovation, Wirtschaftsentwicklung und politischen Vorgaben abhängt. Das IPCC hat sieben mögliche Entwicklungen definiert, die ein breites Spektrum an Möglichkeiten abdecken und als Referenzszenarien für die meisten aktuellen Klimastudien dienen. Daraus lassen sich Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre berechnen. Dabei kommt längerfristig auch dem Verhalten der verschiedenen Komponenten des Kohlenstoffkreislaufes entscheidende Bedeutung zu: wie lange werden Vegetation und Ozeane global noch als Senken fungieren? Die berechneten Treibhausgaskonzentrationen sind schließlich die externen Triebkräfte für die Klimaentwicklung, die mit Klimamodellen simuliert wird.

Szenarien für 2100 lassen CO₂-Konzentrationen zwischen 550 und 950 ppm erwarten. Dementsprechend wird die beobachtete Erwärmung nach bisherigen Erkenntnissen über das 21. Jahrhundert hinaus anhalten. Je nachdem, wie erfolgreich die Reduktionsmaßnahmen für Treibhausgase sind, ist mit einer globalen Temperaturerhöhung von 1,4 bis 5,8°C in den nächsten 100 Jahren zu rechnen [IPCC 2001].

Auswirkungen künftiger Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt der Pflanzen

Der Wasserhaushalt der Pflanzen wird in vielfacher Hinsicht durch meteorologische Parameter beeinflusst: Der Niederschlag bestimmt wesentlich die Verfügbarkeit von Wasser wobei Jahresniederschlagssummen, Niederschlagssummen während bestimmten phänologischen Phasen, Niederschlagsintensitäten und Niederschlagsart zu berücksichtigen sind.

Die Temperatur beeinflusst nicht nur den Wasserbedarf über die Intensität der Photosynthese und die Evapotranspiration, sie beeinflusst auch die Wasserverfügbarkeit über die Verdunstung vom Boden und über die Dauer der Schneedecke. Dort wo Schneedecken auftreten, spielen sie im Energie- und im Wasserhaushalt eine wichtige Rolle, beeinflussen sie doch Frostgefahr und Bodendurchfeuchtung im Frühjahr. Auch die Verdunstung vom Boden hängt mit dessen Erwärmung und diese mit der Albedo des Bodens zusammen.

Der Wind ist ein häufig übersehener, aber wichtiger Einflussfaktor für die Verdunstung, steigt diese doch annähernd linear mit der Windgeschwindigkeit. Für die Pflanzenproduktion ist darüber hinaus die Niederschlagssicherheit eine wesentliche Größe. Mit welchen Änderungen ist nun konkret bei diesen Parametern zu rechnen?

Temperatur

Die globale Temperaturzunahme von 1,4 bis 5,8°C bis zum Jahr 2100 übersetzt sich nach Berechnungen, die im Rahmen des EU-Projektes PRUDENCE durchgeführt wurden, in Mitteleuropa auf Temperaturanstiege zwischen 3°C und 5°C [Christensen et al, 2002]. Dabei zeigt sich die stärkste Erwärmung während der Sommermonate. Für Österreich ergeben statistische Regionalisierungsmodelle geringfügig stärkere Erwärmungen in höheren Lagen, davon unabhängig aber einen West-Ost Gradienten. Dabei ist schon in den nächsten 50 Jahren mit Temperaturzunahmen von 2° bis 4°C zu rechnen [Formayer et al. 2005].

Ein Vergleich für den Weinbau in Österreich zeigt, dass der Unterschied in den mittleren Temperaturen (1961-1990) der extremen Gunstlage Seewinkel am Neusiedlersee und der Weinanbauanlage nördliches Weinviertel 1°C beträgt

(10,1°C gegenüber 9,1°C). Das gibt einen Eindruck davon, was eine Temperaturerhöhung von 2-4 °C aufgrund des Klimawandels bedeutet. Die Differenz in den für die Mostqualität wesentlichen Temperatursummen liegt bei ca. 350°C/J, das sind rund 10% der Temperatursummen. Die durch den Klimawandel verursachten Änderungen liegen in den nächsten 50 Jahren etwa doppelt so hoch.

Da die Evapotranspiration bei sonst gleichen Verhältnissen proportional dem Sättigungsdefizit des Wasserdampfes in der Atmosphäre ist, und dieses mit zunehmender Temperatur überproportional anwächst, steigt auch die Evapotranspiration mit steigender Temperatur überproportional an. Dies bedeutet auch, dass die Veränderungen in wärmeren, niedrigeren oder südlicheren Gebieten stärker ausfällt als in kühleren (höheren oder nördlicheren). Eine Studie über den Neusiedlersee [Kromp-Kolb et al, 2005] ergab, dass bereits die bisherige Klimaänderung (Periode 1991-2004 gegenüber 1961-1990) einen Anstieg der Seeverdunstung von rund 10 % verursachte. Klimaänderungsszenarien für die Temperatur (+ 1,9 °C bis 2020 und + 2,5 °C bis 2040) führten zu einem weiteren Anstieg der Verdunstung auf 18 bzw. 23 Prozent. Diese Seeverdunstung kann annähernd mit dem Anstieg der potentiellen Evapotranspiration (PET) gleichgesetzt werden. Ein Anstieg der PET führt in Regionen mit ausreichender Wasserversorgung zu einem Anstieg der realen Evapotranspiration und in Regionen mit bereits eingeschränkter Wasserversorgung zu einer Verstärkung und Verlängerung des Wasserstresses. Dies ist besonders für den Pflanzenbau in Österreich relevant, da die besonders intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen bereits im bisherigen Klima immer wieder mit Trockenheit zu kämpfen hatten (siehe Abbildung 2).

Average frequency of dry spells exceeding accumulated NPET- sums of 80 mm.

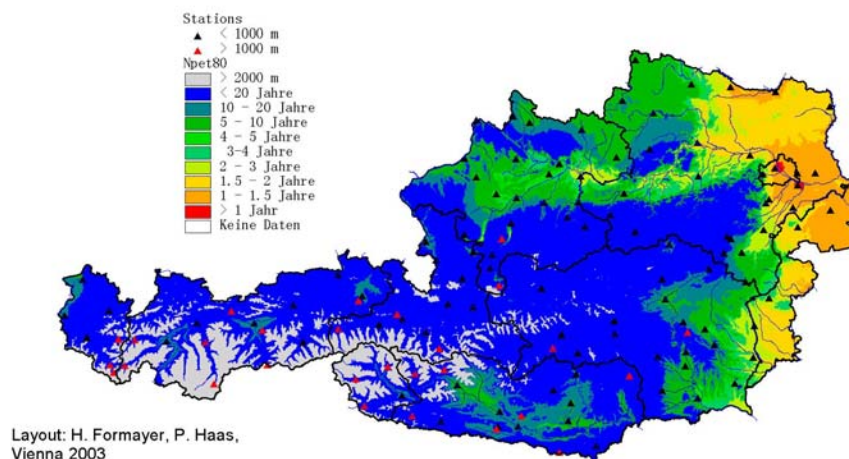


Abb. 2: Häufigkeit des Auftretens von Trockenperioden, charakterisiert durch akkumulierte nettopotentielle Verdunstung (nPet) von 80 mm. Die nPet beschreibt die Differenz zwischen Flüssigkeitsverlust von Pflanzen durch potentielle Verdunstung und Niederschlag. [Formayer et al. 2003]

Der Klimawandel führt aber nicht nur zur Verschiebung der Temperaturverteilung hin zu höheren Werten, er dürfte nach den Berechnungen von Schär (2004) auch mit einer beträchtlichen Zunahme der Temperaturvariabilität einhergehen. Dies bedeutet, dass Extremsommer wie jener 2003 nicht mehr als seltene Ausreißer zu betrachten wären, sondern im Zeitraum 2070- 2100 etwa alle 2 bis 3 Jahre auftreten könnten.

Soja et. al, 2005 haben im Rahmen des österreichischen Klimaforschungsprogramms StartClim gezeigt, dass allein eine Erhöhung der durchschnittlichen Maximaltemperatur im Juni um 1 °C für Sommergerste bzw. Weichweizen eine Ertragsreduktion um 0.10 bzw. 0.15 t.ha⁻¹ bedeutet, während derselbe Temperaturanstieg im August den Maisertrag bzw. die Grünlandproduktivität um 0.2 bzw. 0.45 t.ha⁻¹ vermindert.

Umgekehrt darf man natürlich nicht übersehen, dass Gebiete, in denen derzeit die Temperatur der limitierende Faktor ist, vom Klimawandel profitieren werden.

Niederschlag

Die Niederschlagsszenarien aus dem EU-Projekt PRUDENCE [Christensen et. al, 2002] zeigen eine Zweiteilung Europas. Der Norden Europas und hier besonders der Ostseeraum zeigen insgesamt eine Niederschlagszunahme und der Mittelmeerraum eine Abnahme. Der Alpenraum befindet sich im Übergangsbereich dieser beiden Regionen, wo die Jahresniederschlagsmenge gleich bleibt. Es zeigt sich aber auch hier eine saisonale Verschiebung des Niederschlages, mit einer Zunahme im Winter und einer Abnahme im Sommer.

Selbst bei konstanten Niederschlagssummen kommt es nach Berechnungen von Semenov und Bengtson 2002 zu einer Abnahme von Niederschlagstagen um 15% und bis zum Ende dieses Jahrhunderts könnten 50% des Niederschlages bei Starkniederschlägen fallen, statt wie bisher etwa 35%. Dies könnte bedeuten, dass wegen des höheren Anteils an oberflächlichem Abflusses bei Starkniederschlagsereignissen, dem Boden selbst bei gleicher Niederschlagssumme weniger Wasser zur Verfügung steht.

Die Gefahr von Trockenperioden nimmt – unabhängig von der Niederschlagsverteilung - schon wegen der erhöhten Temperatur und der damit verbundenen stärkeren Verdunstung, sowie wegen des früheren Austrocknens der Böden infolge geringerer Andauer der Schneedecke zu. Die von manchen Studien erwartete Abnahme der relativen Feuchte könnte die Gefahr von Trockenstress noch verstärken.

Schneedeckendauer

Der Anteil des Schnees am Niederschlag geht schon jetzt selbst am Hohen Sonnblick, in 3000 m Höhe, von rund 90 % auf 70 % zurück [Schöner et. al 2004]. Wo dies nicht durch Zunahme der Niederschlagsmenge im Winter kompensiert werden kann, geht die Höhe der Schneedecke zurück. Aus statistischen Analysen des Zusammenhanges zwischen mittlerer Temperatur und Schneedeckendauer haben Hantel et al. 1999 abgeleitet, dass man bei Temperaturzunahmen um 1-2°C in Österreich bis in etwa 1500 m Höhe mit einem Rückgang der Andauer der Schneedecke um 20 – 40 Tage rechnen muss. Bei mildereren und kürzeren Wintern könnten Spätfröste – in Österreich z.B. durch sibirische Kälteeinbrüche - zu einem vermehrten Risiko für die Landwirtschaft werden.

Extremereignisse

Es gibt Hinweise, dass mit dem Übergang zu einem wärmeren Klima auch Extremereignisse, wie Starkniederschläge, Stürme, aber auch Dürre und Hitzeperioden zunehmen. Betrachtet man global die Naturkatastrophen, wie diese etwa durch die großen Rückversicherungsgesellschaften dokumentiert werden, so zeigt sich ein

eindeutiger Trend. Die Anzahl an großen Naturkatastrophen in den 90er Jahren war rund dreimal so hoch wie in den 60er Jahren. Der dabei verursachte wirtschaftliche Schaden ist um das 9-fache und der Versicherungsschaden sogar um das 16-fache gestiegen [Münchner Rückversicherung, 2000]. Dadurch kann jedoch nicht zwingend auf eine analoge Zunahme der meteorologischen Extremereignisse geschlossen werden, da sich aufgrund wirtschaftlicher und soziologischer Veränderungen in dieser Zeit die Sensibilität der Infrastruktur gegenüber dem Wetter verändert hat.

Ergebnisse und Diskussion

Die meisten Studien zur Auswirkung des Klimawandels auf die Getreideproduktion ergeben, dass die wärmeren, längeren Sommer zu Ertragseinbußen führen können, die allerdings teilweise durch das größere CO₂-Angebot überkompensiert werden könnten. Im IPCC-Bericht 2001 wird davon ausgegangen, dass die Getreideproduktion in der Bilanz in den Industrienationen zunehmen, in den Entwicklungsländern jedoch trotz Anpassungsmaßnahmen deutlich abnehmen wird.

Der Klimawandel wird sich speziell in jenen Regionen Mitteleuropas negativ auf die Pflanzenproduktion auswirken, wo der Jahresniederschlag ungefähr die selbe Größenordnung hat wie die potentielle Evapotranspiration. Durch den Anstieg der PET wird hier vermehrt Wasserstress auftreten und zu Ertragsreduktionen führen oder gar Bewässerung notwendig machen. Sollte eine Niederschlagsverlagerung vom Sommer zum Winter stattfinden, würde das diesen Trend noch verstärken und zusätzlich eine stärkere Differenzierung aufgrund der Bodeneigenschaften bewirken.

Der Rückgang der Schneebedeckung und ein Anstieg der Niederschlagsintensitäten kann ebenfalls zu einer Reduktion der Wasserinfiltration in den Boden führen, da verstärkter Oberflächenabfluss auftritt. Letzteres könnte zusätzlich zu einer Zunahme der Erosion, speziell bei brachliegenden Feldern, führen.

Weiters birgt die mögliche Zunahme der Variabilität des Klimas große Risiken, da dies zu einer überproportionalen Zunahme von Extremereignissen wie Dürren aber auch Überflutungen führen kann.

Der Klimawandel kann die Phänologie von Schädlingen/Nützlingen beeinflussen, zur Veränderung ihrer Lebensräume führen oder z.B. aufgrund einer Entkoppelung im Ökosystem, insbesondere in der Nahrungskette, zu starken Veränderungen in der Population führen. Die Effekte des Klimawandels sind überlagert von Auswirkungen des weltweiten Handels und der Reisetätigkeit, die zu einer Verschleppung von Arten führt, sowie von Einflüssen anderer Aspekte des globalen Wandels, wie etwa Landnutzungsänderungen.

Literatur

- Auer, I., E. Korus, R. Böhm, W. Schöner, 2005: Analyse von Hitze- und Dürreperioden in Österreich; Ausweitung des täglichen StartClim Datensatzes auf das Element Dampfdruck): Untersuchungen regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich. Endbericht von StartClim2004.B; in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht, Auftraggeber: BMLFUW, BMBWK, BMWA, Österreichische Hagelversicherung, Österreichische Nationalbank, Umweltbundesamt, Verbund AHP.
- Christensen, J.H., T.R. Carter, and F. Giorgi, 2002: PRUDENCE Employs New Methods to Assess European Climate Change, EOS, AGU, 83, 147.
- Formayer, H., S. Eckhardt, P. Haas, M. Lexer (2003): Frequency of dry spells, defined by thresholds of accumulated potential evapotranspiration sums (PETs), in Austria. Poster Presentation at ICAM/MAP Brig 2003.
- Formayer, H., Haas, P., Matulla, C., Frank, A., Seibert, P. (2005): Untersuchungen regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich. Endbericht von

- StartClim2004.B; in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht, Auftraggeber: BMLFUW, BMBWK, BMWA, Österreichische Hagelversicherung, Österreichische Nationalbank, Umweltbundesamt, Verbund AHP.
- Hantel M., M. Ehrendorfer und A. Haslinger (1999): Climate sensitivity of snow cover duration in Austria. *Int. Journal of Climatology*.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge UK. pp 944 (Third Assessment Report. WG I)
- Kromp-Kolb, H., J. Eitzinger, G. Kubu, H. Formayer, P. Haas, T. Gerersdorfer (2005): Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedler Sees. Forschungsprojekt im Auftrag der burgenländischen Landesregierung. Endbericht.
- Kyselý, J., Kalvová, J. and Kveton, V. (2000): Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961 – 1995. In: *Studia geoph. Et geod.* 44 (2000), 57-72. StudiaGeo s.r.o., Prague
- Münchener Rückversicherung (2000): *Topics 2000. Naturkatastrophen – Stand der Dinge*.
- Österreichische Gesellschaft für Meteorologie (2001): *Klimaerklärung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie und der Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie*
- Schär, Ch., P. L. Vidale, D. Lüthi, Ch. Frei, Ch. Häberli, M.A. Liniger und Ch. Appenzeller (2004) : The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. *Nature*, Vol. 427, 22. Jan 2004
- Schöner, W., I. Auer, R. Böhm, M. Hyek, H. Holzmann, G. Koboltschnig, 2004: Klimatische Bedingungen der extremen Gletscherschmelze in den Alpen im Jahr 2003. 8. österreichische Klimatag.
- Soja, G., Soja, A., Eitzinger, J., Gruszczynski, G., Trnka, M., Kubu, G., Formayer, H., Schneider, W., Suppan, F., Koukal, T. (2005): Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs - Vergleich verschiedener Methoden. Endbericht von StartClim2004.C; in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht, Auftraggeber: BMLFUW, BMBWK, BMWA, Österreichische Hagelversicherung, Österreichische Nationalbank, Umweltbundesamt, Verbund AHP.

Schutzgut Wasser – Belastungspfade aus der Pflanzenproduktion

Eduard Klaghofer*

Einleitung

Die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie – WRRL) fordert eine gute Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers innerhalb von 15 Jahren. Flächendeckende Daten über den ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer nach den Kriterien der WRRL liegen noch nicht vor, doch lassen sich aus Pilotprojekten Abschätzungen über die Eintragspfade vornehmen. Im Projekt daNUbs (2005) wurde der Eintrag in die Donau aus diffusen Quellen mit 77 % N und 53 % P geschätzt, wobei 32 % für P und 46 % für N des Gesamteintrages aus landwirtschaftlichen Aktivitäten stammen. Für das Einzugsgebiet der Ybbs in Niederösterreich, einem rechtsufrigen Zubringer der Donau, wurde aus Modellberechnungen mit MONERIS der Stickstoffeintrag ins Grundwasser und der Phosphoreintrag über die Erosion und den Oberflächenabfluss als Hauptbelastungspfade ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In Österreich wurden seit dem Jahr 1991 die Qualität der österreichischen Gewässer und Flüsse unter einheitlichen, gesetzlich vorgegebenen Kriterien des Hydrographiegesetzes und der Wassergüte – Erhebungsverordnung untersucht. Die Ergebnisse sind für den letzten Berichtszeitraum 1.1.2001 bis 31.12.2002 in dem Jahresbericht 2004 (BMLFUW, 2005) dargestellt. Es zeigt sich, dass bei den grundwasserbelastenden Substanzen in den Porengrundwassergebieten Österreichs vor allem Stickstoffverbindungen (Nitrat) sowie die Pestizidwirkstoffe Atrazin und Desethylatrazin anzutreffen sind – Stoffe die aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung bei der Pflanzenproduktion stammen.

Bei den Fließgewässern zeigen die saprobiologischen Analysen der aquatischen Lebensgemeinschaften, die einen integrierenden Parameter für die Belastung eines Gewässers mit leicht abbaubaren Stoffen darstellen, dass 88 % der untersuchten Messstellen das Güteziel der biologischen Güteklasse II oder besser erreichen und dass bei den physikalischen und chemischen Parametern bei den einzelnen Messstellen keine signifikanten ansteigenden Trends gefunden wurden. Diese Analysen aus den Monitoringprogrammen dienen auch zur Erfüllung der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie im Artikel 5 über die Überprüfung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die Gewässer einschließlich einer ersten Abschätzung der Einhaltung der vorgegebenen Güteziele (IST-Bestandsanalyse, wobei diese Richtlinie in das nationale Recht - WRG 1959 i.d.g.F. - umgesetzt wurde). Das Risiko einer Zielverfehlung wurde über eine Auswertung der vorhandenen Messdaten mit dem, in der Grundwasserschwellenverordnung (WRG, 1959 BGBl 502/1991idF. BGBl I 147/2002) für voraussichtliche „Maßnahmegebiete“ vorgegebenen Algorithmus durchgeführt. Rund 5,9 % bzw. acht der 135 ausgewiesenen Grundwasserkörper, welche ca. 3,6 % (das entspricht rund 3.003 km²) der österreichischen Staatsfläche von 83.858 km² repräsentiert, befinden sich in dem Risiko, den „guten

* Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Eduard Klaghofer, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, A-3252 Petzenkirchen, Österreich

chemischen Zustand“ nicht zu erreichen. Davon sind 1.956 km² auf Belastungen mit Nitrat zurückzuführen.

Zur Verringerung der durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachten Gewässerverunreinigung und auch zur Vorbeugung weiterer Gewässerverunreinigungen verlangt die Richtlinie 91/676/EWG des Rates der Europäischen Union im Artikel 5 die Festlegung eines Aktionsprogramms. In der Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wird dies auf der Basis des § 55b Wasserrechtsgesetz 1959 in der Fassung BGBl. I 156/2002 umgesetzt. Die Verordnung enthält folgende Punkte:

- Zeiträume, in denen stickstoffhaltige Düngemittel nicht auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht werden dürfen,
- Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen,
- Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden,
- Bedingungen für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Nähe von Wasserläufen,
- Fassungsvermögen und Bauweise von Behältern zur Lagerung von Wirtschaftsdünger,
- Verfahren für das Aufbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen,
- Begrenzung des Ausbringens von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Weiter sind Präventivmaßnahmen auf freiwilliger Basis neben den im Aktionsprogramm verpflichtenden Maßnahmen möglich. Im Rahmen des ÖPUL-Programms (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft) können für spezielle Umweltleistungen Förderungsmittel in Anspruch genommen werden. ÖPUL ist das österreichische Agrar-Umweltprogramm das auf der EU-Verordnung (Programm für die Entwicklung des ländlichen Raumes) basiert und in Österreich im Wege der Privatwirtschaftsverwaltung abgewickelt wird. Möglichkeiten sind verpflichtende oder optional einzuhaltende Maßnahmen bei Projekten für den vorbeugenden Gewässerschutz:

- schlagbezogene Aufzeichnungen und Stickstoffbilanzierung,
- Ermittlung des N_{\min} -Wertes,
- Teilnahme an biologische Wirtschaftsweise,
- Teilnahme an Verzicht bzw. Reduktion von ertragssteigernden Betriebsmitteln auf Ackerflächen,
- Teilnahme an Integrierte Produktion,
- Begrünungsmaßnahmen
- Fruchtfolgeauflockerung,
- Rückführung von Acker in Dauergrünland,
- bodennahe Ausbringung von Wirtschaftsdüngern,
- Zurverfügungstellung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen für Ziele des Gewässerschutzes („Rotflächen“),
- Anlage von Gewässerrandstreifen,
- Erosionsschutz in Acker-, Obst- und Weinbau.

An dem ÖPUL-Programm 2000 nehmen rund 75 % aller landwirtschaftlichen Betriebe mit 88 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche teil.

Literatur

daNUbs (2005): <http://www.danubs.tuwien.ac.at>

BMLFUW (2005): Jahresbericht 2004, Wassergüte in Österreich.

<http://www.umweltbundesamt.at/jb2004>

WRG (1959): Wasserrechtsgesetz. BGBl. I 82/2003.

Ecological farming – example of the sustainable multifunctional agriculture development in the Less Favoured Areas

Moudrý Jan jr., Moudrý Jan & Váchal Jan*

Introduction

Agricultural policy within the EU prefers environmentally friendly farming models, landscape conservation and rural area development models with job opportunity preservation. Because of agricultural overproduction limitations the EU subvention policy will support those projects that are focused on various production, non-traditional and non-farm production. According to the EU principles mountain areas and NATURA 2000 locations also belong to the LFA (Less Favoured Areas).

This paper is focused on structure evaluation of the ecological farms and the conventionally farming corporations in the LFA areas with reference to production and non-production agricultural function. Based on the evaluation results multifunctional agriculture models for LFA have been elaborated.

Materials and methods

In Šumava region (mountain area on the border between the Czech Republic and Germany, elevation 400 - 1000 m above sea level) 60 corporations were chosen, 30 of which apply ecological farming principles in accordance with the EU regulation 2091/92. Production structure and non-production function performance have been analyzed.

Results and discussion

An average area makes 154,4 ha for ecological farms and 932,9 ha for conventional corporations. The higher elevation is a farm located at, the less arable land rate is.

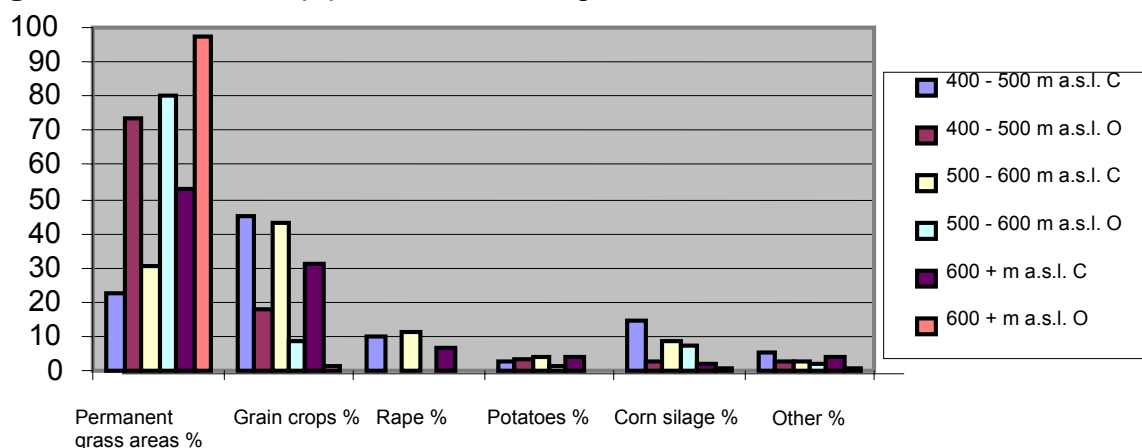
At an elevation of 400 – 500 m a.s.l. arable land represents 76,44 % and in locations over 600 m a. s. l. it makes 47,22% only. Crop-plants area within a corporation decreases with rising elevation from 45% to 31%, by eco-farms from 18% to 1%. Crop-plants yield (wheat, barley, rye, oat, triticale) reaches on average 3,46 t/ha by eco-farms and is 19% lower than by conventional corporation. Potato (25,5 t/ha) and maize (29,1) yield does not differ much from conventional corporation yield.

Livestock production is concentrated on cattle production with milk production and swine breeding, mostly with stanchion housing without a run. Ecological farms prefer cattle grazing without milk production, sheep and goat grazing production. Conventional companies show higher requirements on labour regarding the way and intensity of production.

Ecological farms show higher production diversity with lower quality level, lower concentration of productive activities and lower point-load on landscape, higher emphases on welfare and thrifty technological methods, more efficient utilization of non-productive landscape function and higher non-agricultural activities. Achieved results show that multifunctional farming in LFA closely corresponds to expert's opinions and recommendation.

* University of South Bohemia in České Budějovice

Fig. 1: Structure of crop production in marginal areas



C – Conventional farming
O – Organic (ecological) farming

This study was supported by Grant MSM 6007665806.

References

- Hanf, C., H.: Ökonomische Überlegungen zur Ausgestaltung von Verordnungen und Verträgen mit Produktionsauflagen zum Umwelt- und Naturschutz. 1993, In: *Agrarwirtschaft*, Jg. 42, Heft 3. S. 138 – 147.
- Heißenhuber, A., HOFMAN, H., RAUH, R., BERG, E.: *Umweltleistungen der Landwirtschaft, Konzepte zur Honorierung*, B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart – Leipzig, 1995, 116 s.
- Penk, J.: *Mimoprodukční funkce zemědělství a ochrana krajiny*. Mze ČR, Praha, 2001, 64 s.
- Šroller, J.: *Pěstitelské soustavy v marginálních oblastech*, ÚZPI, zem. inform., 6., 2001, 45 s.

Wirkung abgestufter Intensitäten im Ackerbau nach KULAP in Thüringen

Martin Farack & Ines Schwabe*

Einleitung

Umweltgerechte Produktionsverfahren im Ackerbau (Programmteil A) aus dem „Programm zur Förderung von umweltgerechter Landwirtschaft, Erhalt der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege in Thüringen (KULAP)“ wurden in statischen Parzellenversuchen an drei Standorten in Thüringen geprüft.

Zielstellung waren die Demonstration der einzelnen Fördervarianten, deren Wirkung auf den Ertrag und die sich daraus ergebende Marktentlastung, ihre ökonomische Bewertung sowie die Bestimmung von Einflüssen auf das Ökosystem.

Material und Methoden

Die Prüfung von KULAP A1, A2, A3 und A7 sowie des konventionellen Ackerbaus (Tab.1) im Parzellenversuch erfolgte in Blockanlage mit 4 Wiederholungen.

Tab. 1: Prüfglieder und Restriktionen für Düngung und Pflanzenschutz

Prüfglieder	Düngung	Pflanzenschutz
1 konventioneller Ackerbau	Grunddüngung nach Bodenuntersuchung N-Düngung nach SBA ¹⁾ und Pflanzenanalyse	nach Schadschwellen
2 KULAP A7 kontrolliert-integrierter Ackerbau	- Grunddüngung nach Bodenuntersuchung - N-Düngung nach SBA um 25 % reduziert und Pflanzenanalyse - N-Höchstmengen: - Gabe ≤ 70 kg N/ha jede weitere Gabe ≤ 50 kg N/ha	Getreide - kein Wachstumsreglereinsatz - Insektizide (nützlingsschonend) - keine Herbizidanwendung mit Wasserschutzauflage und zur Vorerntebehandlung - Winterweizen keine Herbizidanwendung im Herbst Körnererbsen - kein Insektizid- und Fungizideinsatz
3 KULAP A2 ²⁾	wie Prüfglied 1	keine Herbizide
4 KULAP A3 ²⁾	keine chemisch-synthetischen Düngemittel im Getreidebau Ausnahme: Qualitätsdüngung bei Brotgetreide ≤ 60 kg N/ha	keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel im Getreidebau
5 KULAP A1	nach den Kriterien des ökologischen Landbaues (Verordnung EWG 2092/91 in der gültigen Fassung)	

¹⁾ Stickstoff-Bedarfs-Analyse TLL

²⁾ als Förderprogramm gültig 1994- 2000

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel von drei Versuchsorten und fünf Versuchsjahren führte bei Getreide und Körnererbsen KULAP A1 zu einer Marktentlastung von 30,9 % (18,6 dt/ha), KULAP A2 von 11,7 % (6,6 dt/ha), KULAP A3 von 28,3 % (16,8 dt/ha) und KULAP A7 von 4,5 % (2,6 dt/ha).

* Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

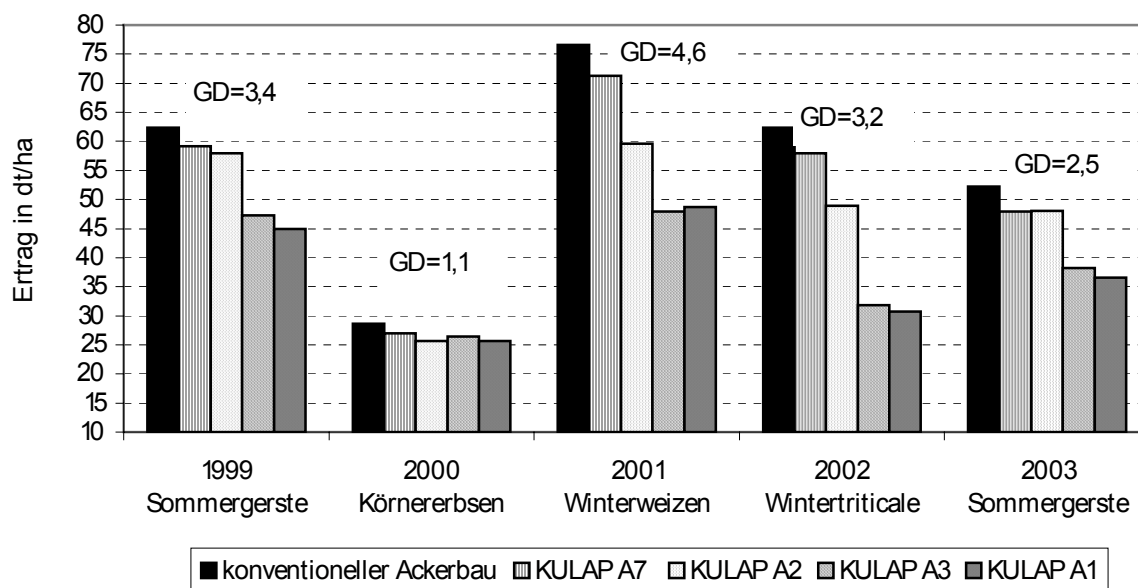


Abb. 1: Einfluss abgestufter Anbauintensitäten auf den Getreide- und Körnererbsenertrag; Mittel der Versuchsorte Bad Salzungen, Burkersdorf, Dornburg

Die Standortbedingungen hatten erwartungsgemäß einen großen Einfluss auf das Ertragsverhalten. So traten die stärksten Ertragseinbußen auf dem Buntsandsteinverwitterungsboden in Bad Salzungen (41 % bei KULAP A1, 15 % bei KULAP A7) auf. Auf dem Schieferverwitterungsboden in Burkersdorf betrug der Ertragsverlust bei KULAP A1 28 % und bei KULAP A7 1 % und auf dem Lössstandort Dornburg bei KULAP A1 27 % und bei KULAP A7 4 %.

Als Kenngröße für die Umweltentlastung wurde der N_{\min} - Gehalt im Boden (0-60 cm) unmittelbar nach der Ernte gewählt. Der N_{\min} - Gehalt zeigte im Versuchszeitraum in Abhängigkeit der angebauten Fruchtart sowie des Standortes sehr differenzierte Werte. Im konventionellen Ackerbau schwankten die Gehalte von 24- 59 kg N/ha. Im Mittel lagen die N_{\min} - Gehalte zur Ernte bei KULAP A7 um 1 kg/ ha und bei KULAP A1 um 5 kg/ ha unter denen des konventionellen Ackerbaus.

Die Rentabilitätsbewertung der Extensivierungsmaßnahmen erfolgte durch die Kenngröße `bereinigte Marktleistung`. Der Kosten-Leistungsvergleich zeigte im fünfjährigen Versuchsmittel, dass im KULAP A7 die bereinigte Marktleistung um 54 €/ha über der des konventionellen Ackerbaus lag. Die bereinigte Marktleistung von KULAP A1 (ökologischer Landbau) war um 172 €/ha höher als im konventionellen Ackerbau. Die Berechnungen der bereinigten Marktleistung im ökologischen Landbau berücksichtigen nicht die Aufwendungen des Betriebszweiges Tierproduktion, die zur Bereitstellung der organischen Dünger erforderlich sind.

Literatur

- Farack, M.: Untersuchungen zur Wirkung extensiver Bewirtschaftungsformen im KULAP auf Ertrag und Qualität von Winterweizen und Sommergerste in Thüringen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 10, 263-264
- o.V.: Programm zur Förderung von umweltgerechter Landwirtschaft, Erhalt der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege in Thüringen (KULAP). Thüringer Staatsanzeiger Nr. 4/1994, 165-177, Thüringer Staatsanzeiger Nr. 33/2001, 1777-1817

Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen

A. Surböck*, P. Faustmann**, M. Heinzinger*, J. K. Friedel*, A. Klik** & B. Freyer*

Einleitung

Eine geringe Jahresniederschlagssumme und eine ungleichmäßige Niederschlagsverteilung in der Vegetationszeit stellen eine besondere Herausforderung an den Pflanzenbau im Osten Österreichs dar. Mit entsprechenden Bewirtschaftungsmaßnahmen und Bodenschutzanlagen kann der Bodenwasserhaushalt bzw. können erosionsrelevante Bodenkennwerte beeinflusst werden. Bodenschutzanlagen reduzieren die Windgeschwindigkeit und beeinflussen damit das Verdunstungspotential der angrenzenden Flächen. Bei trockenen Bedingungen wurde ein positiver Einfluss auf den Pflanzenertrag aufgrund des Verdunstungsschutzes von Hecken nachgewiesen (Bruckhaus und Buchner, 1995). In einem interdisziplinären Projekt auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb östlich von Wien, wird das Ausmaß des Einflusses einer Hecke auf das gespeicherte Bodenwasser, auf ausgewählte Bodenparameter und den Pflanzenertrag in die angrenzende Ackerfläche seit dem Jahr 2003 untersucht.

Material und Methoden

Die untersuchte Bodenschutzanlage ist eine mitteldichte bis dichte, 4-reihige Hecke, bestehend aus einer ca. 8 m hohen Baumschicht und einer bis zu 4 m hohen Strauchschicht. Die Hecke verläuft in Nord-Süd-Richtung und wird an beiden Längsseiten von einem 6 m breiten Ökostreifen begrenzt. Die Erhebungen in der Ackerfläche wurden auf der Windschattenseite in bestimmten Entfernungen zur Hecke (8 m, 16 m, 24 m, 40 m, 80 m), bezogen auf die Wuchshöhe der Hecke, durchgeführt. Die einzelnen Erhebungsflächen sind vor Beginn der Untersuchung bodenkundlich kartiert und auf eine einheitliche Bodengüte geprüft worden. Bodenproben wurden im April 2003 in 0-30 cm Bodentiefe zur Analyse des Gehalts an mikrobieller und pilzlicher Biomasse und der Nachlieferung von Stickstoff gezogen. Zu 3 Schnittterminen der Luzerne wurden jeweils 4 m² je Heckenabstand geschnitten und der Trockenmasseertrag festgestellt. Mittels Regression wird der Einfluss der Hecke auf Bodenkennwerte und Ertrag statistisch ausgewertet. Die Messung des gespeicherten Bodenwassers erfolgt mittels FDR-Sonden in Abständen der ein-, zwei-, drei- und fünffachen Wuchshöhe (8 m, 16 m, 24 m, 40 m) der Hecke. Der Bodenwassergehalt wird in Tiefenabschnitten von jeweils 10 cm bis in eine Tiefe von 1 m (einfache Wiederholung) in wöchentlichen Abständen gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Bei jedem Luzerneschnitt wurde der höchste Ertrag unmittelbar neben der Hecke erzielt. Die statistische Auswertung ergab jedoch nur beim dritten Luzerneschnitt und beim Gesamtluzerneertrag einen signifikanten Zusammenhang zwischen Ertrag und Entfernung zur Hecke. Die Trendlinie beim Gesamtluzerneertrag zeigt ein hohes Bestimmtheitsmaß (Abb. 1), 42 % der Variabilität des Ertrages sind durch die Entfer-

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

** Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Max Emanuel-Straße 17, A-1190 Wien

nung von der Hecke erklärbar. Beim dritten Schnitt Mitte August ist eine deutliche kontinuierliche Ertragsabnahme mit zunehmender Entfernung zur Hecke erkennbar, was durch den geringeren Bodenwassergehalt im Hochsommer mit größerem Heckenabstand erklärt werden kann. Der Heckenabstand 24 m wurde in die Ertragsauswertung nicht mit einbezogen, da dort ein erhöhter Sandanteil den Wassergehalt entsprechend überproportional reduziert.

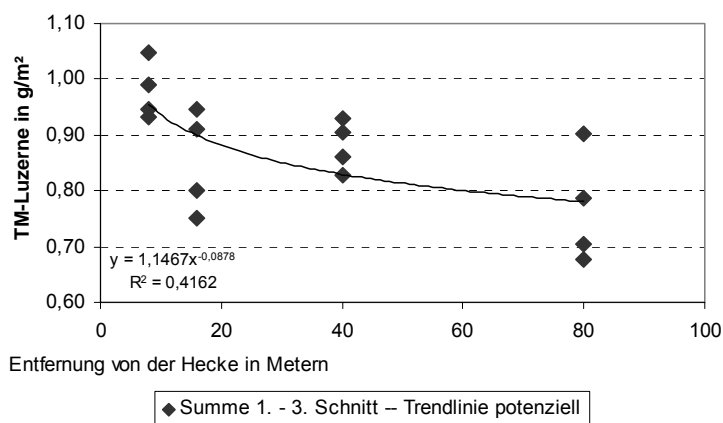


Abb. 1: Trockenmasseertrag insgesamt vom 1. – 3. Schnitt Luzerne am 13.5., 5.7. und 16.8.04 in Abhängigkeit von der Entfernung zur Hecke.

Die Messungen mittels FDR- Sonden zeigen sehr deutlich den positiven Einfluss der Bodenschutzanlagen auf den Bodenwassergehalt (Abb. 2). Während der Vegetationsperiode ist bei der Bodenschutzanlage in einem Abstand bis zum zweifachen der Heckenhöhe (16 m) mehr Wasser im Boden gespeichert als in weiter entfernten Bereichen, wodurch eine bessere Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet wird. Im Nahbereich der Bodenschutzanlage (bis zu 8 m Abstand) kann besonders in Trockenwetterphasen ein temporär erhöhter Wasserentzug durch die Hecke beobachtet werden.

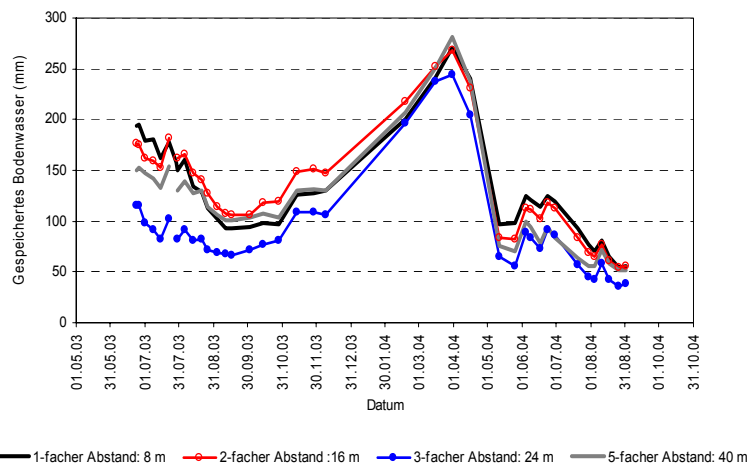


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf des gespeicherten Bodenwassers (0 - 90 cm Tiefe) in Abhängigkeit der Entfernung von der Bodenschutzanlage (Hecke).

Ein eindeutiger Einfluss der Hecke auf die untersuchten Bodenparameter, außer dem Bodenwassergehalt, konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Da die Jahreswitterung den Einfluss der Hecke auf den Pflanzenertrag erheblich überlagern kann, sind für gesicherte Aussagen Aufnahmen von mehreren Jahren und von Kulturen mit unterschiedlicher Vegetationszeit geplant.

Literatur

Bruckhaus, A. und W. Buchner, 1995: Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfrucht-ertrag und ökologische Kenngrößen. Ber.Ldw. 73: 435-465.

Mischanbau von Getreide (*Hordeum vulgare* cv. Scarlett) mit Körnerleguminosen (*Pisum sativum* cv. Baccara) zur Erhöhung der Erträge in Abhängigkeit unterschiedlicher Aussaatverhältnisse und Standraumzuteilungen im ökologischen Landbau

C. Dahlmann & P. von Fragstein und Niemsdorff¹

Einleitung

Mischanbau von Getreide und Körnerleguminosen ist ein vernachlässigtes Thema in der ökologischen wie auch in der konventionellen Praxis und Wissenschaft. So werden auf weniger als 5 % der ökologisch bewirtschafteten Ackerfläche Gemenge aus Körnerleguminosen und Getreide zur Gewinnung von Ganzpflanzensilagen oder Körnerfrüchten angebaut (HOF und RAUBER, 2003). Dabei können Mischanbausysteme durchaus einen Beitrag zur Ertragsstabilität, Erhöhung der Produktqualität, Beikrautregulierung und Verminderung der N-Austräge leisten. Einfluss auf diese Parameter haben eine effizientere Nutzung der Ressourcen am Standort (RAUBER, 2002) sowie pflanzenbauliche Maßnahmen wie zum Beispiel das Aussaatverhältnis und die Standraumzuteilung

Material und Methoden

In zweijährigen Feldversuchen (2004/05) werden auf dem Versuchsstandort der Universität Kassel, Domäne Frankenhausen (Parabraunerde, 75 BP), unterschiedliche Mischanbauvarianten von Sommergerste (cv. Scarlett) und Erbse (cv. Baccara) in Bezug auf vier verschiedene Aussaatverhältnisse in substitutiven und additiven Gemengen und in zwei unterschiedlichen Verfahren der Standraumzuteilung im Vergleich zu den jeweiligen Reinsaat (Tab. 1), in einer vollrandomisierten Blockanlage (n=4) geprüft. Die Reinsaatstärken mit 100 % Saatstärke der einzelnen Früchte betragen bei der Sommergerste 300 und bei der Erbse 90 keimfähige Körner je m². Die Standraumzuteilung variiert über zwei unterschiedliche Verfahren. Zum einen das row intercropping (IC), bei dem Leguminose und Getreide in alternierenden Reihen ausgedrillt werden, zum anderen das mixed intercropping (MC), der gemeinsamen Aussaat in der gleichen Drillreihe.

Tab. 1: Anzahl ausgedrillter Körner m⁻² in den jeweiligen Versuchsvarianten

Variante	IC/ MC 25%:75%	IC/ MC 50%:50%	IC/ MC 75%:25%	IC/ MC 50%:100%
Sommergerste (SG)	75	150	225	150
Erbse (ER)	68	45	23	90

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge aus dem Jahr 2004 zeigen, dass bis auf eine Mischanbauvariante (MC SG25%ER75%), alle der besten Reinsaat, der Sommergerste, überlegen waren (Abb.1). Dies kommt auch in den LERs zum Ausdruck, die für alle Mischanbauvarianten über 1 lagen (Tab. 2). Der LER ist ein Parameter für die Ressourcenkomplementarität. Werte über 1 geben einen relativen Mehrertrag des Gemenges an und lassen auf eine komplementäre Nutzung der Wachstumsfaktoren, vor allem Nährstoffe, Wasser und Licht, schließen (RAUBER, 2002). Signifikante Unterschiede ergaben

¹ Fachgebiet Ökologischer Landbau, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen; e-mail: dahlmann@wiz.uni-kassel.de

sich im Erntejahr 2004 bezüglich der Aussaatverhältnisse, aber nicht für den Parameter Standraumzuteilung (Tab. 3). Dies spiegelt nicht die Ergebnisse anderer Versuche wieder, die häufig einen Ertragsvorteil bei der Standraumzuteilung für die Verfahren alternierende Reihe (IC), gefolgt von der kreuzweisen Aussaat und dann erst der gemeinsamen Aussaat in der gleichen Drillreihe (MC) herausgefunden hatten (BULSON et al., 1997). Es lässt sich aber vermuten, dass auch im Mischanbau die konkrete Standraumzuteilung der Einzelpflanzen, und dies möglicherweise arten-

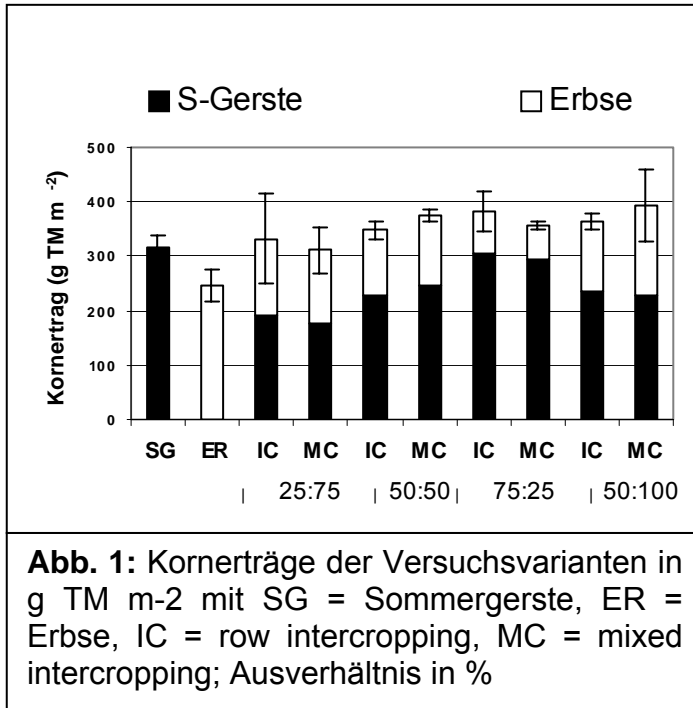


Abb. 1: Kornträge der Versuchsvarianten in g TM m⁻² mit SG = Sommergerste, ER = Erbse, IC = row intercropping, MC = mixed intercropping; Ausverhältnis in %

Tab. 2: LERs in verschiedenen Aussaatvarianten und zwei Standraumzuteilungen (IC; MC)

Varianten	LER	
	IC	MC
SG25:ER75	1,20	1,13
SG50:ER50	1,23	1,32
SG75:ER25	1,30	1,20
SG50:ER100	1,28	1,40

Tab. 3: Effekt von Aussaatverhältnis (AV) und Standraumzuteilung (ST) auf den Korntrag

	p-Wert	Signifikanz
AV	0,000	***
ST	0,361	ns
AV x ST	0,457	ns
Wiederholung	0,397	ns

ns = p > 0,05; *** = p < 0,001
Tukey-Test: P < 0,05

unabhängig, eine gewichtige Rolle bezüglich der Ertragsbildung hat. So fand HAKANSSON (1984), zwar unter Reinsaatbedingungen, einen relativen Ertragsanstieg von 0,4-0,7 % pro cm verringertem Reihenabstand in Winterweizen. Aus den Kornträgen des Jahres 2004 lassen sich keine Unterschiede in dem Grad der Beeinflussung zwischen der inter- bzw. intraspezifischen Konkurrenz schließen. Des Weiteren lässt sich festhalten, dass a) Mischanbau durchaus in der Lage ist den Absolutertrag gegenüber der stärksten Reinsaat zu steigern und b) mixed intercropping (MC) vergleichbare Ergebnisse liefert wie row intercropping (IC).

Literatur

- Bulson, H.A., Snaydon, R.W. and Stopes, C.E., 1997: Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci., Cambridge* 128, 59-71.
- Hakansson, S., 1984: Row spacing, seed distribution in the row, amount of weeds-influence on production in stands of cereals, *Weeds and Weed control, 25th weed conference, Uppsala*, 17-34.
- Hof, C., Rauber, R., 2003: *Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau*, Verlag Liddy Halm, Göttingen.
- Rauber, R., 2002: Pflanzenbauliche Optimierung von Gemengen, *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 14, 26-27.

Anbaueigenschaften und Krankheitsanfälligkeit von Landsorten sowie alten und modernen Zuchtsorten bei Sommergerste

Michael Oberforster*

Einleitung

Die In-situ-Erhaltung bzw. On-farm-Nutzung alter Zucht- und Landsorten wird von verschiedener Seite als bedeutsam erachtet. Im Rahmen des „Österreichischen Programms zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2000)“ wird der Anbau solcher Sorten finanziell unterstützt. Die Untersuchung geht der Frage nach, ob derartige Sommergersten unter heutigen Bedingungen noch einen Anbauwert besitzen.

Material und Methoden

Von 1999 bis 2002 wurden im pannonischen Klimagebiet (Fuchsenbigl im Marchfeld, Blaustauden bei Laa/Thaya) sowie im Mühl- und Waldviertel (Freistadt, Schönfeld) insgesamt 8 Versuche in Form randomisierter Blöcke angelegt: 3 bzw. 4 Wiederholungen, Parzellenfläche (3,5) 9,5 bis 12,0 m², Saatzeit 12.3. bis 4.4., Saatstärke 300 bis 400 Körner/m², reduzierte N-Mineraldüngung, Fungizide und Wachstumsregler kamen nicht zum Einsatz. Es wurden ehemals in Österreich zugelassene zweizeilige Zuchtsorten (Angerner Frühe, Immendorfer Carolus, Loosdorfer Zaya, Mehlauresistente Baringergerste, Otterbacher, Tiroler Imperial, Tschermaks Hanna x Kargyn, Vollkorn u.a.), früher registrierte mehrzeilige Sorten (Sechszeilige Pumper, Verbesserte Mehlauresistente Pumpergerste), zweizeilige Landsorten (Bulhofer, Bussergerste, Ennstaler Kunagrün Imperial, Fisser Imperial, Kneifelgerste, Tiroler Landgerste u.a.) sowie mehrzeilige Landsorten und Herkünfte (Landgerste Ostmark parallelum, Vierzeilige Pinzgauer, Vierzeilige Sommergerste Oderbruch u.a.) mit neueren Sommergersten (Baccara, Barke, Eunova, Ohara, Prosa, Thuringia, Video) verglichen. Die Saatgutmuster entstammten den AGES-Genbanken von Wien und Linz.

Ergebnisse und Diskussion

Das Sortiment der alten Zucht- und Landsorten zeichnete sich durch eine breite phänotypische Diversität in Wuchs- und Ährenmerkmalen aus. Einige Landgersten sind sehr früh im Ährenschieben (Angerner Frühe, Tiroler Imperial, Vierzeilige Pinzgauer u.a.) sowie in der Reife. Trotz reduzierter N-Düngung lagerten die im Mittel um 15 bzw. 18 cm höherwüchsigen Sortimente oft gravierend, dies begrenzte den Ertrag und die Kornqualität. Die züchtungsbedingte Reduktion der Halmlänge von 2 bis 5 cm im Jahrzehnt war ein Element zur Verbesserung der Standfestigkeit (Oberforster 1999). Mittel standest sind die Domenbygerste, Sechszeilige Pumper, verbesserte Mehlauresistente Pumpergerste, Landgerste Ostmark parallelum, Tiroler Imperial und Bussergerste. Auch nach rechnerischer Bereinigung um Zeitigkeitsunterschiede neigen die Landsorten und alten Zuchtsorten tendenziell zu vermehrtem Halm- und Ährenknicken. Keine der älteren Zucht- und Landsorten weist ein überdurchschnittliches Krankheitsresistenzniveau auf. Gegenüber Mehltau (*Erysiphe graminis*) mittel widerstandsfähig waren die Landgerste Ostmark erectum, Imperialgerste, Bussergerste und Fisser Imperial. Bei Zwergrost (*Puccinia graminis*) zeigten nur Tscherm-

* Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien

maks Hanna x Kargyn, Chevaliergerste und die Tiroler Nacktgerste eine den Sorten Prosa und Eunova vergleichbare mäßige Widerstandskraft. Bei Netzflecken (*Drechslera teres*) ist die Situation differenzierter: Neben stärker anfälligen Genotypen existieren solche mit beachtlicher Resistenz (Sechszellige Pumper, Verbesserte Mehltauresistente Pumpergerste, Vollkorn, Chevaliergerste, Landgerste Ostmark parallelum, Opalgerste, Loosdorfer Zaya, Fregagerste, Loosdorfer Vierzeilige). *Rhynchosporium secalis* war im Prüfzeitraum unbedeutend. Dass alte Zuchtsorten früher krankheitstoleranter waren, lässt die langjährige Verrechnung von Wertprüfungen erkennen. Insbesondere qualitative Mehltauresistenzen erwiesen sich nicht selten als kurzlebig.

Die Resultate belegen, dass die getesteten Landsorten und alten Zuchtsorten für den konventionellen Anbau kaum einen wirtschaftlichen Wert besitzen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Grausgruber et al. (2002). Selbst unter Biobedingungen weisen moderne Zuchtsorten wie Elisa, Eunova oder Modena deutliche Vorzüge auf. Anders als bei Roggen und Weizen, wo lokale Initiativen alte Zuchtsorten wieder belebt haben und deren Produkte erfolgreich vermarkten, scheidet diese Möglichkeit bei Gerste weitgehend aus. Unter dem Gesichtspunkt, dass biologische Vielfalt einen Wert an sich darstellt, ist die Förderung des Anbaus dennoch sinnvoll.

Tab. 1: Anbaueigenschaften und Krankheitsbefall von Landsorten sowie alten und modernen Zuchtsorten bei Sommergerste, Mittel von 8 Versuchen 1999 bis 2002 (Boniturschema 1 - 9: 1 = kein Lager, 9 = sehr starkes Lager usw.)

	Ährenschieben (BBCH 59)	Gelbreife (BBCH 59)	Wuchshöhe (cm)	Lagerung (1-9)	Halmknicken (1-9)	Ährenknicken (1-9)	Mehltau (1-9)	Zwergrost (1-9)	Netzflecken (1-9)
Anzahl der Beobachtungen	8	6	6	9	3	3	12	12	9
Landsorten und alte Zuchtsorten, zweizeilig (n = 29)									
Minimum	4.6.	6.7.	78	2,2	4,4	2,2	2,9	4,6	1,8
Sortimentsmittel	9.6.	7.7.	93	4,4	6,7	3,3	4,6	6,0	2,8
Maximum	14.6.	9.7.	109	6,4	7,9	4,8	6,0	7,7	5,0
Landsorten und alte Zuchtsorten, mehrzeilig (n = 7)									
Minimum	3.6.	5.7.	86	2,8	6,7	2,6	3,5	4,2	1,9
Sortimentsmittel	8.6.	6.7.	90	4,2	7,3	3,6	4,8	5,7	2,3
Maximum	12.6.	9.7.	97	5,5	7,9	4,8	6,2	6,4	2,8
Neuere Zuchtsorten, zweizeilig (n = 7)									
Minimum	7.6.	6.7.	67	1,2	2,7	1,3	1,1	2,8	2,3
Sortimentsmittel	9.6.	9.7.	75	1,5	4,0	2,7	2,1	3,8	3,4
Maximum	11.6.	12.7.	89	2,1	5,8	4,2	3,4	4,9	5,0

Literatur

- Oberforster M., 1999: Ergebnisse und Perspektiven der Züchtung auf Standfestigkeit, Krankheitsresistenz und Ertrag bei Gerste und Weizen im Spiegel der österreichischen Wertprüfung 1960-99. Arbeitstag. der Verein. österr. Pflanzenzüchter, Gumpenstein, 33-43.
- Grausgruber H., H. Bointner, R. Tumpold and P. Ruckebauer, 2002: Genetic improvement of agronomic and qualitative traits of spring barley. Plant breeding 121, 411-416.

Prüfung alter Wintererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat

Peer Urbatzka, Rüdiger Graß & Christian Schüler*

Einleitung

Wintererbsen werden in Deutschland seit Mitte des vorigen Jahrhunderts aufgrund einer häufig mangelnden Winterhärte, aber auch wegen des steigenden Sojaimports und des vermehrten Einsatzes von Mineraldünger kaum noch genutzt. Dabei bietet der Anbau normalblättriger Wuchstypen Vorteile wie z.B. eine Bodenbedeckung über Winter mit Erosionsschutz sowie eine effektive Beikrautregulierung (GRAß 2003).

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2003/2004 wurden auf beiden Versuchsstandorten der Universität Kassel, Domäne Frankenhausen (DFH; Parabraunerde, 80 BP) und Hebenshausen (HEB; Parabraunerde, 74 BP), acht normalblättrige Herkünfte von Wintererbsen aus der Genbank Gatersleben (Convarietät *speciosum*) mit einer semi-leafless und zwei normalblättrigen EU-Sorten (cv. *Spirit* bzw. *Assas*, EFB 33) sowie einer semi-leafless Sommererbse (cv. *Santana*) in Rein- und Gemengesaat verglichen. Der Gemengeanbau erfolgte mit Winterroggen (cv. *Amilo*) bzw. Hafer (cv. *Aragon*). Die Herkünfte stammen aus Deutschland (Lucienhofer, Münchner Tiroler, Nischkes Riesengebirgs, Württembergische), Ungarn (Unrra) und vom Balkan (Albanien 1+2, Griechenland) und sind in Versuchen an der Universität Kassel aus insgesamt 43 Akzessionen nach Winterhärte und pflanzenbaulichen Kriterien ausgewählt worden.

Bei den Gemengen handelte es sich um zwei substitutive Gemengestufen mit je 25% (G1) bzw. 50% (G2) der Erbsenaussaatstärke in Reinsaat (80 keimfähige Körner/m²) sowie je 75% (G1) bzw. 50% (G2) der Getreideaussaatstärke in Reinsaat (300 keimfähige Körner/m²). Als Anlage wurde in HEB eine randomisierte Blockanlage und in DFH wegen der leichten Hangneigung ein lateinisches Rechteck gewählt (N=4). Eine Ganzpflanzenernte auf einer Teilfläche der Parzelle wurde je nach Genotyp zwischen Mitte Mai bis Mitte Juni zu Blühbeginn durchgeführt. Der Korndrusch erfolgte in den Restparzellen mit einem Parzellenmähdrescher. Die Futterwertbestimmung erfolgte mittels NIRS-Analyse (N-Bestimmung nach Kjeldahl).

Ergebnisse und Diskussion

Nur bei den Erbsen in Reinsaat auf dem Standort DFH mit einer Überwinterung von etwa 60-80 % wurde eine nennenswerte Auswinterung festgestellt. Dies entspricht in einem durchschnittlichen Winter den Erwartungen, da die Herkünfte und die EFB 33 auf beiden Standorten als winterhart einzuschätzen sind (URBATZKA et al. 2005). Außerdem weist dies auf einen Frostschutz im Gemenge durch den Roggen hin.

Die Grünerträge der normalblättrigen Erbsen in Reinsaat lagen im Frühjahr 2004 zwischen 45 und 55 (DFH) bzw. 60 und 85 dt TM ha⁻¹ in HEB und waren deutlich höher als die der semi-leafless Erbsen mit 20-30 dt TM ha⁻¹. Die Ertragsunterschiede zwischen den Standorten sind durch die höheren Auswinterungsschäden sowie das niedrigere Stickstoffniveau und die damit verbundenen geringeren Einzelpflanzenlängen in DFH begründet. Die Ertragshöhe entsprach in etwa dem Durchschnitt von 50 bis 70 dt TM ha⁻¹ anderer Wintererbsenversuche (GRAß 2003). Aufgrund der

* Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

kühlen und feuchten Maiwitterung wurden beim Grünfutter mit bis zu 5,3 (HEB) bzw. 5,7 (DFH) MJ NEL je kg TM relativ niedrige Energiegehalte festgestellt. In Jahren mit gewöhnlicher Witterung lag der Gehalt bei knapp 6 MJ NEL (GRAß 2003). Der Rohproteingehalt der Wintererbsen ist mit 17-22 % in der TM als gut einzuschätzen.

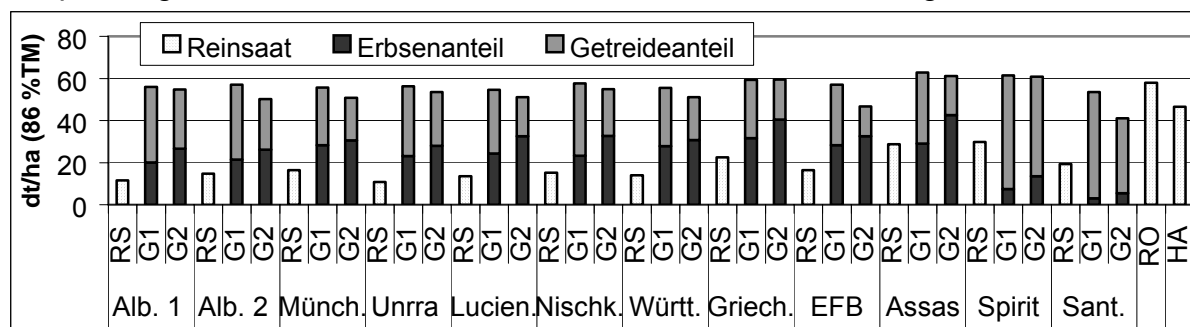


Abb. 1: Kornertrag in DFH 2004

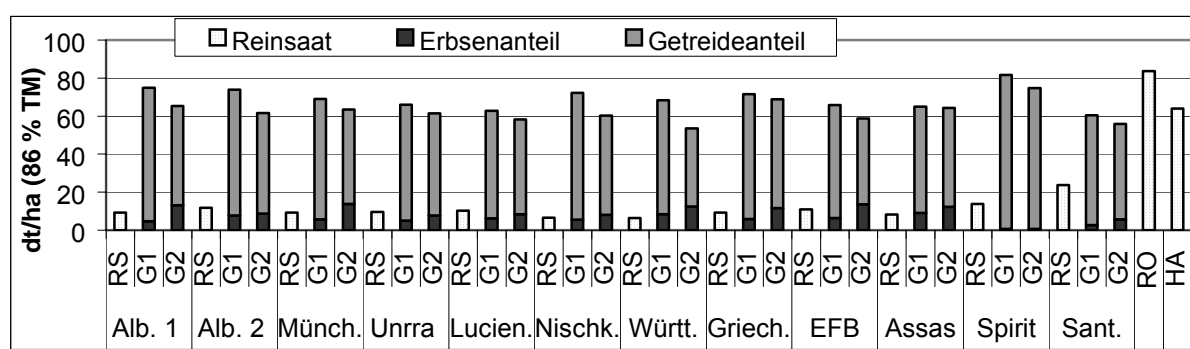


Abb. 2: : Kornertrag in HEB 2004

Legende: RS=Reinsaat, G1=Gemenge 1, G2=Gemenge 2, RO=Roggen, HA=Hafer

Die Kornerträge der Erbsen fielen in DFH mit Ausnahme der Sorte Santana höher als in HEB aus, beim Getreide war es genau umgekehrt (Abb. 1+2). Ursache ist vermutlich das hohe Stickstoffniveau in HEB, welches zu massigen Getreidepflanzen führte. Auffällig in DFH ist der höhere Kornertrag der normalblättrigen Erbsen im Gemenge als in den Reinsaat. Grund hierfür sind die schlechteren Wachstumsbedingungen in Reinsaat, da die Erbsen hier etwa ab Blühende vollständig lagerten.

Der Rohproteingehalt der Erbsenkörner fiel in Gemenge und Reinsaat mit etwa 25 – 27 % gut aus. Bei der Sorte Spirit betrug er ca. 23 %. Im Getreide konnten die RP-Gehalte beim Anbau im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat mit normalblättrigen Erbsen zwischen 2 und 3 % und mit den semi-leafless Erbsen um knapp 1 % gesteigert werden.

Fazit

Normalblättrige Wintererbsen sind v.a. aufgrund der genannten pflanzenbaulichen Vorteile in Reinsaat eine interessante Winterzwischenfrucht und können im Gemenge eine Alternative zu Sommerkörnererbsen darstellen.

Literatur

- Graß, R. 2003: Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation Universität Kassel – Witzenhausen. Cuvillier-Verlag, Göttingen
- Urbatzka, P.; R. Graß und C. Schüler 2005: Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel von Wintererbsen. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.). kassel university press GmbH, S. 59 - 60

Der Anbau von Kichererbsen im Vergleich zu Körnererbsen und Sojabohnen

Wichmann, S., H. Wagenristl & H.-P. Kaul*

Einleitung

Körnerleguminosen gelten aus vielen Gründen als gute Vorfrüchte. Zum einen bieten sie als so genannte „break crops“ phytopathologische Vorteile durch die Auflockerung von getreidereichen Rotationen. Zum anderen können nicht-legume Nachfrüchte von N-reichen Leguminosenrückständen profitieren (Peoples und Craswell 1992; Armstrong et al. 1997). Außerdem schonen Körnerleguminosen durch ihre Symbiose mit Knöllchenbakterien den Boden-N-Pool, was oft auch oft als „N-sparing“ bezeichnet wird (Chalk et al. 1993). In den östlichen Trockengebieten Österreichs werden hauptsächlich Erbsen und zu etwas geringeren Teilen Sojabohnen angebaut, wobei der Standort durchaus auch für die Wärme liebenden Kichererbsen geeignete wäre, deren Potential aber bisher unter ostösterreichischen Bedingungen nicht geprüft wurde. Kichererbsen besitzen weltweit betrachtet eine große Anbaubedeutung und sind besonders adaptiert an mediterrane Klimagebiete. Sie werden zum größten Teil für die menschliche Ernährung verwendet und könnten auch in Österreich zu einer interessanten Nischenproduktion werden. In diesem Zusammenhang sollen in der hier dargestellten Untersuchung das Kornertragspotential und die Ertragsstruktur von Kichererbsen im Vergleich zu Soja und Körnererbsen untersucht werden.

Material und Methoden

In dem vorgestellten Projekt wurden in den Jahren 2003 und 2004 in Feldversuchen (Spaltanlage, Versuchsfaktoren: Leguminosenart und je zwei Genotypen, drei Wiederholungen) an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, Ø-Jahrestemperatur 9,8 °C, Ø-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm) die Körnerleguminosenarten Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.), Körnererbsen (*Pisum sativum* L.) und Sojabohnen (*Glycine max* L. Merr.) miteinander verglichen. Während dieser ersten Projektetablierungsphase wurden die Körnerleguminosenbestände zunächst mit mineralischem N-Dünger versorgt. Erhoben wurden die Kornertragsleistungen in beiden Versuchsjahren mit Hilfe des Parzellenmähdreschers. In 2004 wurden kurz vor der Mähdrusch-ernte Pflanzenproben genommen (Gesamtertrag), in Korn (Kornertrag Handernte) und Restpflanze fraktioniert und der Harvestindex bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 stellt die Kornertragsleistungen von Kichererbsen im Vergleich zu Erbsen und Sojabohnen in den Jahren 2003 und 2004 dar. Während in 2003 Erbsen mit 43 dt TM ha⁻¹ hohe Erträge aufwiesen, lagen sie in 2004 zusammen mit Kichererbsen bei 28-30 dt TM ha⁻¹ auf einem niedrigerem Ertragsniveau. Mit einem in beiden Jahren konstanten Ertragsniveau von 30 dt TM ha⁻¹ zeigten Kichererbsen im Artenvergleich geringere Ertragsschwankungen. Die niedrigsten Kornerträge mit 25 bzw. 17 dt TM ha⁻¹ waren in beiden Jahren bei den Sojabohnen zu verzeichnen.

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, Österreich

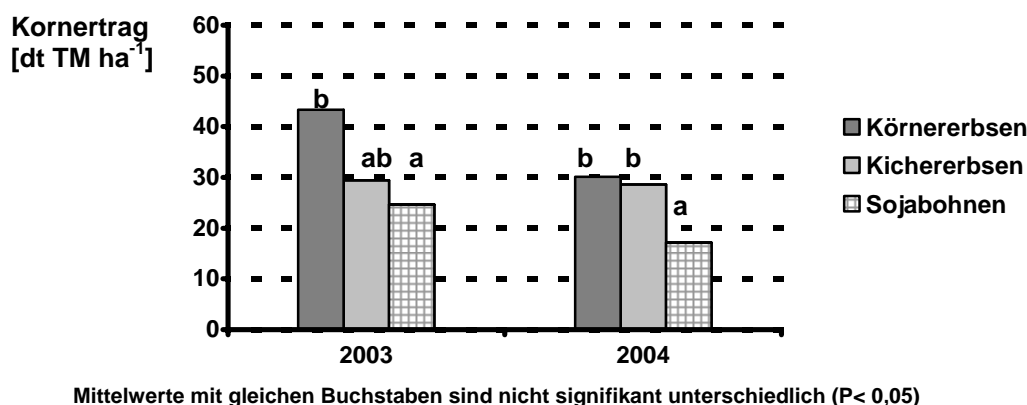


Abb.1: Kornerträge von Erbsen, Kichererbsen und Sojabohnen in den Jahren 2003 und 2004.

Tabelle 1 zeigt die Ertragsstruktur der untersuchten Arten in 2004 bei Handernte, wobei im Wesentlichen die Ertragsleistungen der oben angeführten Mähdruschergebnisse für 2004 bestätigt wurden. Es wurde bei Handernte von Kichererbsen jedoch ein signifikant höherer Harvestindex im Vergleich zu Körnererbsen festgestellt, was auf höhere Kornverluste bei maschineller Beerntung hindeutet. Zu prüfen bleibt, ob eine verbesserte Einstellung des Mähdreschers zu höheren Kornerträgen führt oder ob Kichererbsen im Vergleich zu anderen Körnerleguminosen generell schwieriger maschinell zu beernten sind.

Tab. 1: Ertragsleistungen von Körnererbsen, Kichererbsen und Sojabohnen bei Handernte im Jahr 2004.

	TM zur Ernte [g TM m ⁻²]	Kornertrag [g TM m ⁻²]	Restpflanze ¹⁾ [g TM m ⁻²]	Harvestindex
Körnererbsen	1132,6 b	396,8 b	735,9 b	0,33 a
Kichererbsen	1210,4 b	501,9 b	708,5 b	0,42 b
Sojabohnen	490,1 a	174,4 a	315,7 a	0,35 ba

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich (P < 0,05)

¹⁾ Stroh ohne Wurzeln

Ausblick

Das Untersuchungsprogramm wird fortgeführt und soll in den nächsten Jahren intensiviert werden. Neben den reinen Ertragsparametern von Kichererbsen, Körnererbsen und Sojabohnen werden Trockenmassebildung und Ertragsstruktur, Qualitätsparameter (z. B. Rohproteingehalt der Körner), die Höhe der N₂-Fixierungsleistungen und die Vorfruchtwirkungen auf Getreide geprüft.

Literatur

- Armstrong, E. L., D. P. Heenan, J. S. Pate and M. J. Unkovich 1997: Nitrogen benefits of lupins, field pea and chickpea to wheat production in south-eastern. Aust. J. Agric. Res., **48**, 39-47.
- Chalk, P. M., C. J. Smith, S. D. Hamilton and P. Hopmans 1993: Characterization of the N benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ ¹⁵N isotope dilution technique. Bio. Fert. Soils, **15**, 39-44.
- Peoples, M. B. and E. T. Craswell 1992: Biological fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. Plant Soil, **141**, 13-39.

Ertrag und Futterqualität von Sorten der Blauen Süßlupine (*L. angustifolius*)

Herwart Böhm*

Einleitung

Durch die im Herbst 2005 in Kraft tretende Änderung der EU-VO zum Ökologischen Landbau, die nur noch den Einsatz von ökologisch erzeugten Futtermitteln in der Tierfütterung vorsieht, erlangt der Anbau der Blauen Süßlupine als Eiweißträger für ökologisch wirtschaftende Betriebe zunehmende Bedeutung. Für den norddeutschen Raum liegen bislang nur wenige Ergebnisse zur Ertragsleistung sowie zur Futterbewertung der zur Verfügung stehenden Sorten der Blauen Süßlupine unter Bedingungen des Ökologischen Landbaus vor.

Material und Methoden

In den Jahren 2003 und 2004 wurden am Standort Trenthorst (Parabraunerde, sL, 50-55 BP, pH 6,5) des Instituts für ökologischen Landbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Anbauversuche mit 12 Sorten in 4-facher Feldwiederholung (Blockanlage) mit einer Parzellengröße von 30 m² (2,75 x 11,0 m) durchgeführt. Die Beerntung erfolgte im Kerndruschverfahren (AB = 1,75 m) mit anschließender Reinigung des Saatgutes.

An den Ernteproben wurden die Futterqualitäten mittels Weender-Analyse (VDLUFA Bd III), Zuckergehalte (Anthronehmethode) und Stärkegehalte (polarimetrisch) sowie Mineralstoffe (P, K, Mg, Ca, Na) und z.T. Aminosäuregehalte bestimmt. Zur Bewertung der Futterqualität wurde die NEL, ME_S und ME_G (nach DLG-Futterwerttabellen) berechnet.

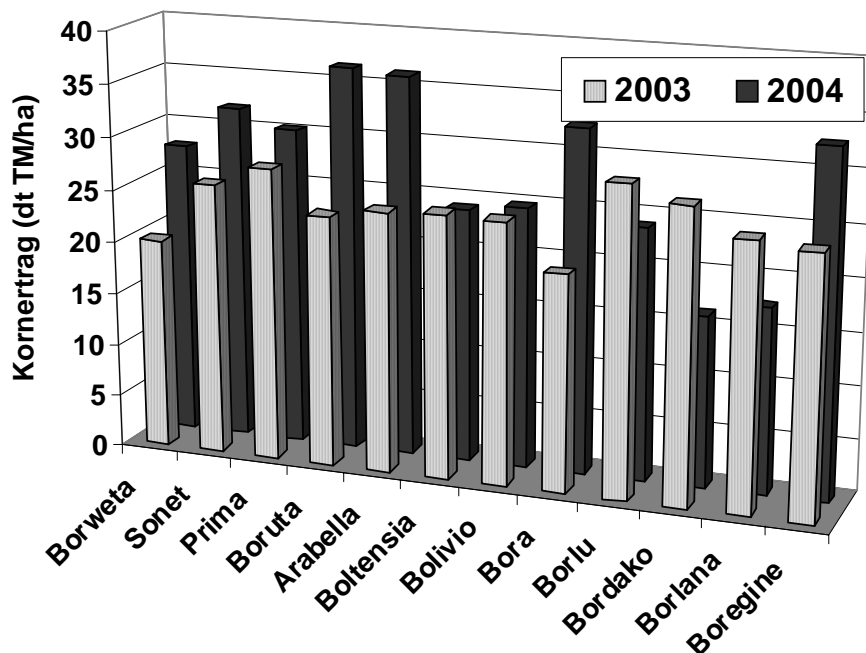
Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge lagen mit durchschnittlich 28,1 dt/ha im Jahr 2003 und 27,9 dt/ha in 2004 auf vergleichbarem Niveau. Die sortenspezifischen bzw. Sortentyp abhängigen Erträge unterschieden sich jedoch deutlich (Abb. 1), doch wies die statistische Verrechnung Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Jahr auf. Die Sorten des endständigen Typs (Borweta, Sonet, Prima und Boruta) erzielten im Jahr 2003 einen durchschnittlichen Ertrag von 27,5 dt/ha; im Jahr 2004 lag dieser mit 31,6 dt/ha höher. Die Ertragsleistung der Sorten des Verzweigungstyps befanden sich dagegen in den beiden Jahren auf fast vergleichbarem Niveau (Jahr 2003: 28,4 dt/ha, Jahr 2004: 26,0 dt/ha). Somit lag das durchschnittliche Ertragsniveau der endständigen Sorten im Jahr 2004 über dem der Sorten des Verzweigungstyps. In Untersuchungen von Bramm et al. (2005) waren die Sorten des Verzweigungstyps jedoch ertragreicher als die endständigen Sorten.

Wie bereits bei den Kornerträgen lagen auch für den Rohproteingehalt, den Rohproteinertrag, ME_S sowie NEL Wechselwirkungen zwischen Sorte und Jahr vor, so dass die Daten in Tab. 1 getrennt nach Jahren aufgeführt sind. Die Rohproteingehalte lagen durchschnittlich bei 34,5 % mit einer Spannbreite von 29,5 – 37,1 %. Der Rohproteingehalt der endständigen Sorten wies mit durchschnittlich 32,1 % geringere Werte auf als die Sorten des Verzweigungstyps (35,7 %). Die Ergebnisse der NEL und ME_S sind vergleichbar zu denen von Sojabohnen und sind somit gut für

* Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau

die Fütterung geeignet. Die Gehalte an Rohprotein und Aminosäuren in Lupinen sind jedoch geringer als von Sojabohnen. Im Vergleich zu anderen in der Fütterung ökologisch wirtschaftender Betriebe zur Verfügung stehenden Futtermitteln zeichnen sich die Blauen Lupinen durch niedrige Stärkegehalte aus



Aus den bisherigen Ergebnissen kann der Anbau der endständigen Sorten unter den Anbaubedingungen Norddeutschlands empfohlen werden, da diese aufgrund ihrer früheren und gleichmäßigeren Abreife, vor allem auch unter ungünstigeren (feuchten) Witterungsbedingungen wie sie im Jahr 2004 vorherrschten, sicher geerntet werden können.

Abb. 1: Kornerträge der geprüften Sorten der Blauen Süßlupine in den Jahren 2003 und 2004 (Standort Trenthorst)

Tab. 1: Rohproteingehalt, Rohproteinерtrag sowie Nettoenergie-Laktation (NEL) und Metabolisierbare Energie für Schweine (ME_s) der geprüften Sorten der Blauen Süßlupine für die Jahre 2003 und 2004 (Standort Trenthorst)

Sorte / Jahr	Rohprotein (% TM)		Rohproteinерtrag (dt TM/ha)		NEL (MJ/kg TM)		ME _s (MJ/kg TM)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Borweta	30,74	31,46	6,98	8,76	8,95	8,93	14,25	14,23
Sonet	33,76	29,57	9,82	9,43	8,99	8,91	14,57	14,03
Prima	33,29	30,00	10,39	9,09	8,98	8,94	14,51	14,07
Boruta	35,06	33,24	9,48	12,16	8,96	8,90	14,53	14,33
Arabella	35,67	35,11	9,92	12,68	9,02	8,90	14,71	14,22
Boltensia	36,02	36,02	10,13	8,69	9,00	8,97	14,66	14,38
Bolivio	37,12	36,93	10,36	9,16	9,03	8,99	14,76	14,54
Bora	33,52	33,56	7,75	10,94	8,94	8,91	14,39	14,29
Borlu	37,58	35,23	12,33	8,44	9,03	8,93	14,83	14,35
Bordako	35,78	36,25	11,18	5,89	9,02	8,90	14,71	14,34
Borlana	34,86	36,94	9,87	6,49	9,03	8,91	14,69	14,37
Boregine	35,03	34,96	9,69	11,43	9,08	8,90	14,79	14,13
Mittelwert	34,87	34,11	9,82	9,43	9,00	8,92	14,62	14,27

Literatur

Bramm, A.; H. Böhm; G. Pahlow und A. Berk (2005): Investigation of Alternatives for the Production of Forage Protein. 11th International Lupin Conference, Mexiko, 4.-9. Mai 2005.

Lupinenkorn zur N-Düngung im ökologischen Gemüsebau – ein Vergleich der Ausbringungsvarianten Schrot und Dichtsaat

K. Katroschan & H. Stützel*

Einleitung

Das Kornmaterial von Körnerleguminosen stellt aufgrund seines hohen N-Gehalts eine Möglichkeit der Stickstoffversorgung im ökologischen Gemüsebau dar. In der Praxis erfolgt die Ausbringung überwiegend als Schrot, dessen N-Freisetzungsrates bei ca. 40 bis 60 % liegt und in der Regel geringer ist als von Rizinussschrot oder organischen Handelsdüngern tierischer Herkunft (Laber, 2003). Neben der Ausbringung als Schrot werden selten auch Dichtsaaten angelegt, welche nach kurzer Kulturdauer in den Boden eingearbeitet werden. Da der N-Gehalt der Keimlinge mit zunehmender Kulturdauer sinkt und das C/N-Verhältnis somit zunimmt, hat der Einarbeitungszeitpunkt vermutlich Einfluss auf die N-Effizienz der Dichtsaat.

Um beide Ausbringungsvarianten zu vergleichen wurde in Klimakammern ein Gefäßversuch durchgeführt.

Material und Methoden

Die Kulturdauer der Lupinendichtsaaten (*Lupinus angustifolius*, 'Boruta') betrug 8, 13, 18, 22 und 27 Tage (15°C). Die längste Standdauer erreichte das 4-6-Blatt-Stadium. Das Schrot wurde zeitgleich mit den Dichtsaaten eingearbeitet. Die darauffolgende Bebrütung erfolgte bei 10 und 20°C. Die Bestimmung der N-Freisetzung wurde mittels einer ungedüngter Kontrollvariante vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Da die Dichtsaat mit zunehmender Standdauer vermehrt Mineralstickstoff aus dem Substrat aufnahm, ergaben sich als Startwert negative Freisetzungsrates von bis zu

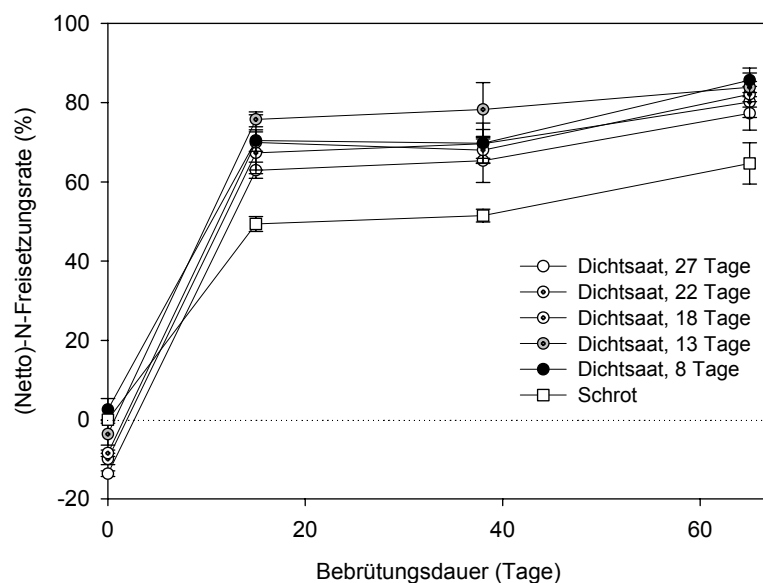


Abb. 1: (Netto)-N-Freisetzungsrates bei 20°C in Abhängigkeit der Bebrütungsdauer

* Universität Hannover, Institut für Gemüse- und Obstbau, Abteilung Gemüsebau, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

-14 % der gedüngten N-Menge (Abb. 1). Möglicherweise ist dies auch auf eine N-Immobilisierung durch die Samenschalen (C/N: 111) zurückzuführen, welche bei der Keimung am Boden verbleiben. Trotzdem zeigten die Dichtsaaten bei allen drei Terminen eine höhere N-Freisetzung als das Schrot. Die Bebrütung bei 10°C erbrachte analoge Ergebnisse.

Das C/N-Verhältnis der Dichtsaat (Keimling incl. Samenschale) betrug im Mittel der Varianten 6,7 (Schrot: 8,8) und nahm wie erwartet mit der Kulturdauer zu (7,5 nach 27 Tagen). Da die N-Freisetzung gut mit dem C/N-Verhältnis korreliert (Abb. 2) lässt sich die höhere Freisetzung auf das niedrigere C/N-Verhältnis der Lupinenkeimlinge zurückführen.

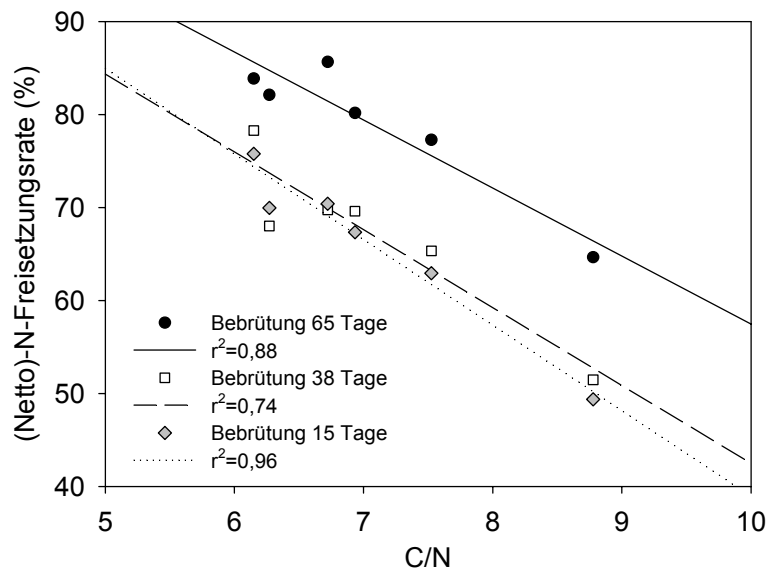


Abb. 2: (Netto)-N-Freisetzungsraten bei 20°C in Abhängigkeit des C/N-Verhältnisses der Keimlinge bzw. des Schrots

Im Vergleich zur praxisüblichen Ausbringung als Schrot kann eine Lupinendichtsaat somit die Nutzungseffizienz des im Korn enthaltenen Stickstoffs erhöhen. Es deutet sich jedoch an, dass die Effizienz mit zunehmender Kulturdauer der Dichtsaat aufgrund des steigenden C/N-Verhältnisses und der Mineralstickstoffaufnahme abnimmt.

Literatur

Laber, H. (2003): N-Freisetzung aus organischen Handelsdüngern. In: G. Rahmann und H. Nieberg (Hrsg.), Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2002, Sonderheft 259, 17-2.

Zum Einfluss der Vorfrucht auf Ertrag und Verarbeitungsqualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln in Abhängigkeit von der Pflanzgutvorbereitung am Beispiel zweier Sorten

Thorsten Haase*, Christian Schüler*, Eberhard Kölsch*, Norbert U. Haase** & Jürgen Heß*

Einleitung

Der Anbau von Kartoffeln zur Herstellung von Veredelungs-Erzeugnissen (z.B. Pommes frites und Chips) bietet ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine neue Absatzmöglichkeit für Kartoffeln und damit eine weitere Einkommensquelle. In Anbauverträgen werden von Seiten der Industrie jedoch hohe Ansprüche an den Rohstoff gestellt (Sortierung, Mindest-TS-Gehalt, reduzierende Zucker, Farbe des Endproduktes). Aufgrund des hohen Nährstoffbedarfes der Kartoffel stellt sich die Frage nach der optimalen N-Bereitstellung durch verschiedene Vorfrüchte. Zudem sollte geprüft werden, ob und wie die Nährstoffausnutzung durch die Sortenwahl und die Pflanzgutvorbereitung verbessert werden kann. Vorgestellt werden ausgewählte Ergebnisse zu Ertrag und Verarbeitungsqualität aus einem zweijährigen Feldversuch.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen (Parabraunerde aus Löss, Ut3, 700mm, 8,5°C) als dreifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Dazu waren im Jahr 2001/02 bzw. 2002/03 vier unterschiedliche Vorfrüchte als Großteilstückfaktor (Erbse E; Hafer HA; Klee gras KG und Winterweizen WW) in Streifen (75m x 6 m) nach Vorfrucht Sommergerste (GPS) angelegt worden. Im jeweiligen Folgejahr wurden in diese Streifen die Kleinteilstückfaktoren *Sorte* (cv. Agria bzw. Marlen) und Pflanzgutvorbereitung (Vorkeimen ja oder nein) randomisiert. Die Netto-Kartoffelparzellen für die Haupternte (BBCH 99) bestanden aus vier Reihen mit 16 Stauden pro Reihe (0,34m x 0,75m \approx 39200 Pfl. ha⁻¹). Zum Zwecke zweier vorgezogener Ernten (Krautaufwuchs und Knollen) in den Stadien BBCH 61 und 69 (Hack et al., 1993) lagen diese Parzellen ein weiteres Mal, ebenfalls randomisiert (Faktor *Ernte*), in der Versuchsanlage vor. Dabei umfassten beide Zeiterntetermine jeweils den halben Probenumfang (32 Stauden) der Haupternte. Bodenproben auf mineralisierten Nitrat-Stickstoff wurden zu definierten Zeitpunkten (Auflaufen, Anfang und Ende Blüte, Reife) gezogen. Weiter erhoben wurden der Roh- und sortierte Ertrag, die N-Aufnahme durch Knollen und Kraut, Knollen-TS- und Stärkgehalt, Gehalt an reduzierenden Zuckern, sowie Verarbeitungseignung der Knollen für die Pommes frites und Chips-Herstellung nach Ernte und viermonatiger Lagerung bei 8°C. Die Auswertung erfolgte mittels eines hierarchischen Modells (PROC MIXED) mit zeitlicher Komponente („repeated measurements“) in SAS (SAS Institute, 2000).

Ergebnisse und Diskussion

Der Verlauf des Gehaltes an mineralisiertem Stickstoff in 0-60 cm Bodentiefe entsprach dem von Erhebungen unter Kartoffeln aus konventionellem Landbau (Walther et al., 1996). Ein *spring peak* zum Auflaufen (Anfang / Mitte Mai) war gefolgt von ei-

* Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau; Universität Kassel, Nordbahnhofstrasse 1a, 37213 Witzenhausen; Fon: 05542 981 547 Fax: 05542 981568; eMail: thaase@wiz.uni-kassel.de

** Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Schützenberg 12; D-32756 Detmold

ner starken Abnahme bis zum Ende der Blüte und ansteigenden Werten zur Ernte. In beiden Jahren bewirkten erwartungsgemäß die Leguminosen die höchsten Gehalte an $\text{NO}_3\text{-N}$ zum Auflaufen der Kartoffeln (BBCH 09): E (136) > KG (128) > WW (98) > HA (89 kg N ha⁻¹). Die hohen Werte nach Getreide belegen das hohe Nährstoffnachlieferungsvermögen des Standortes. Die N-Mineralisierung nach Erbse war höher als aus der Literatur bekannt (Möller und Reents, 1999). Hohe N-Versorgung führt zu einer Verzögerung der Knollenanlage, schließlich jedoch zu einer höheren Anzahl angelegter Knollen. Die Kartoffelbestände wiesen nach Leguminosen die höchste Knollendichte (Knollen m⁻²) auf. In beiden Versuchsjahren führte das Vorkeimen zu einer niedrigeren Knollendichte, die durch eine höhere durchschnittliche Knollenmasse kompensiert wurde. Das Vorkeimen bewirkte in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Karalus und Rauber (1997) einen Entwicklungsvorsprung von 5 bis 10 Tagen. Die Wirkung des Vorkeimens erwies sich für die keimträge Sorte Agria als besonders wirksam. Gerade durch die geringere Knollenanlage kann das Vorkeimen in Jahren mit früher Krautfäuleepidemie oder nach abtragender Vorfrucht Ertragseinbußen mindern.

Um marktfähig zu sein, muss Pommes frites-Rohware einen hohen Anteil (60%) an Knollen >50mm (des Ertrages >35mm) aufweisen. Die Ergebnisse belegen, dass im Ökologischen Landbau dazu eine Leguminosenvorfrucht zu empfehlen ist. Durch die erhöhte N-Aufnahme erhöht sich das Risiko eines negativen Einflusses auf den TS-Gehalt der Knollen, der für Pommes frites derzeit bei >19% liegen soll. Über die beiden Versuchsjahre verrechnet, war die Wirkung der Leguminosen aber nicht konsistent. Die Knollen wiesen jedoch nach Lagerung einen höheren TS-Gehalt als nach Ernte auf, was auf einen höheren Verlust an Wasser durch Transpiration, als an Kohlenhydraten durch Veratmung hindeutet. Ausgehend von einem -auch nach Getreide- mittleren N_{min} -Angebot im Frühjahr zeigte sich ein geringer Einfluss der beiden geprüften Faktoren *Vorfrucht* und *Pflanzgutvorbereitung* auf die Qualität der Endprodukte. Kolbe (1995) befand entsprechend, dass ein Einfluss steigender N-Versorgung auf qualitätsrelevante Inhaltsstoffe (z.B. reduzierende Zucker) und gewisse Verfärbungsreaktionen bei großküchentechnischer Verarbeitung (Rohbreiverfärbung, Kochdunkelung) der Knolle lediglich bei geringer Nährstoffnachlieferung zu erwarten ist. Der Verlauf der Witterung ist als deutlich wichtiger einzuschätzen: Während die Krautfäule im Jahr 2004 den Reifungsprozess der Knollen unterbrochen hatte und zu hohen Zuckerwerten nach Lagerung führte (1230 mg kg FM⁻¹), war der krautfäulefreie Sommer 2003 der Ausreifung förderlich (227 mg kg FM⁻¹).

Literatur

- Hack, H.; Gall, H.; Klemke, Th.; Klose, R., Meier, U.; Strauss, R. und Witzemberger, A. 1993: The BBCH scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). Proc. 12th Triennial Conf. EAPR, Paris, July, 18 to 23, 1993.
- Karalus, W. und Rauber, R. 1997: Effect of presprouting on yield and quality of maincrop potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in organic farming. J. Agron. Crop Sci. 179: 241-249.
- Kolbe, H. (1995). Kolbe, H., 1995. Nährstoffversorgung und Qualität der Kartoffel. Severin Verlag, Göttingen.
- Möller, K.; Habermeyer, J. und Reents, H.-J. (1999): Einfluss und Wechselwirkung von Stickstoffangebot und Krautfäulebefall auf die Ertragsbildung im ökologischen Kartoffelbau. In: Hoffmann, H. und Müller, S. (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 202 – 205.
- SAS Institute Inc. (Hrsg.): SAS/STAT User's Guide, Version 8. Volume 2. Cary, NC, USA
- Walther, U.; Schubinger, F.X. und Jäggli, F. 1996: N-Aufnahme durch Kartoffeln und N_{min} Gehalte des Bodens. Agrarforschung 3: 61-64.

Stickstoff-, Kalium- und Phosphorverluste während der Stallmistrotte in 11jährigen Freilandversuchen; Konsequenzen und Gegenmaßnahmen

Joachim Raupp & Meike Oltmanns*

Einleitung

Die Reduzierung von Nährstoffverlusten während der Stallmistrotte auf ein unvermeidbares Niveau ist nicht nur aus landwirtschaftlichen, sondern auch aus Umweltschutzgründen sinnvoll. Dies setzt voraus, die wesentlichen Einflussfaktoren und Prozesse zu kennen, bei denen es zu Verlusten kommen kann. Anhand von 14 Rotteversuchen mit Rindermist im Freiland in 11 Jahren wurde die Rottetemperatur gemessen sowie Trockenmasse- und Nährstoff-Verluste quantifiziert. Mögliche Gegenmaßnahmen werden vorgeschlagen.

Material und Methoden

Rindermist aus Tiefstall- oder Tretmistsystemen wurde jährlich im Sommer in Mieten aufgesetzt und rottete bis zur Ausbringung im Herbst (im Mittel der Jahre 66 Tage) oder im nächsten Frühjahr (223 Tage). Nach dem Aufsetzen wurden die Mieten mit Stroh und nach der thermophilen Phase zusätzlich mit einer Plastikfolie gegen Regen abgedeckt. Von jeder Rottenserie wurden mindestens 2 Mischproben vom Frischmist und bei jedem Ausbringungstermin entnommen zur Bestimmung von Trockenmasse (TM), Asche, Gesamt-Stickstoff (N_t), Ammonium (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-), Kalium (K) und Phosphor (P). Als Bezugsbasis für N, P und K diente der Aschegehalt, in der Annahme, dass er im Substrat konstant bleibt, wenn die Mieten nicht umgesetzt werden (Raupp, 2001). Die Mietenkerntemperatur wurde fortlaufend während der ganzen Rottedauer gemessen. Der Trockenmasseverlust wurde über den reziproken Vorgang berechnet, nämlich über den Anstieg des Aschegehaltes im Laufe der Zeit. Zwischen einigen Parametern wurden Korrelationskoeffizienten r berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Aus Platzgründen können die Inhaltsstoffdaten der Miste und die Temperaturwerte hier nicht wieder gegeben werden. In 6 Rottenserien wurde eine sehr hohe Rottetemperatur von 60–70 °C in der thermophilen Phase erreicht, bei 4 Serien blieb die Maximumtemperatur unter 60 °C und bei weiteren 4 Serien unter 50 °C.

Der Abbau der organischen Substanz geschah nicht linear, sondern in der ersten Phase (66 Tage) beschleunigt, in der zweiten Periode bis zum Frühjahr (223 Tage) demgegenüber verlangsamt. Dies lässt sich aus den Trockenmasse-Verlusten und den Aschegehalten ableiten. Relativ zur Frischmistmenge (100%) betrug die Rottemistmenge nach 66 Tagen nur noch 67%, nach 223 Tagen immerhin noch 59%. Die Aschegehalte stiegen von 23% TM im Frischmist auf 34% nach 66 Tagen und 59% nach 223 Tagen an.

Demgegenüber waren die Nährstoffverluste viel geringer. Verglichen mit den ursprünglichen Gehalten gingen ca. 33% des Stickstoffs und 39 oder 17% des Kaliums (je nach Versuchsserie) verloren. Die P-Gehalte blieben während der ganzen Zeit nahezu konstant. In der Literatur werden Verluste in ähnlicher

* Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V. (IBDF), Brandschneise 5, 64295 Darmstadt; raupp@ibdf.de

Größenordnung berichtet, bezüglich N in vielen Fällen sogar höhere (z.B. 46% N-Verluste; Thomsen, 2000).

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten r für Merkmale des Frischmistes (Gesamt-Stickstoff = N_t , Trockenmasse = TM, Phosphor = P, Kalium = K), Maximumtemperatur (T-max), Trockenmasseverlust (TM-v), Kalium- und Stickstoffverluste (K-v und N-v) am Ende der Rotteperiode sowie C:N Verhältnis zu Beginn; $n = 13$, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

	N_t	TM	P	K	T-max	TM-v	K-v	N-v
TM	-0.467							
P	0.688**	-0.412						
K	0.137	0.42	0.226					
T-max	-0.216	0.219	0.399	0.519				
TM-v	0.730**	-0.351	0.681*	0.319	0.778**			
K-v	0.195	-0.322	-0.113	-0.093	0.177	0.313		
N-v	0.646*	-0.353	0.055	-0.107	-0.615	0.31	0.215	
C:N	-0.946**	0.422	-0.588*	-0.295	0.215	-0.823**	-0.254	-0.624*

Stickstoffreiche Miste scheinen dafür prädestiniert zu sein, hohe Trockenmasse- und N-Verluste aufzuweisen (Tab. 1). Kein anderer Parameter korrelierte mit den N-Verlusten. In Fällen hoher Rottetemperatur waren auch hohe TM-Verluste, aber nicht unbedingt hohe N-Verluste zu beobachten. Dies mag ein Hinweis darauf sein, dass der intensive Abbau der organischen Substanz mit starker Hitzeentwicklung verbunden ist. Das Temperaturniveau war jedoch unabhängig vom N-Ausgangsgesamt. Die heiße Rotte scheint also nicht die Folge eines hohen N-Angebotes im Ausgangsmaterial zu sein. Hohe Temperaturen waren ebenfalls nicht mit den ursprünglichen Feuchte-, P- oder K-Gehalten korreliert. Die K-Verluste waren mit keinem der ausgewerteten Parameter korreliert, nicht einmal mit dem anfänglichen Wassergehalt.

Bei N-reichen Misten das C:N-Verhältnis durch Zugabe C-reicher Materialien zu optimieren, wie häufig empfohlen wird (z.B. Gray & Biddlestone, 1981), scheint nach unseren Ergebnissen gerechtfertigt. Allerdings kann die Art des C-reichen Materials bei gleichem C:N-Verhältnis zu unterschiedlichen N-Verlusten führen (Kirchmann, 1985). Die relativ geringen K-Verluste dürften der regendichten Abdeckung nach der thermophilen Phase zu verdanken sein.

Literatur

- GRAY, K.R.; BIDDLESTONE, A.J. (1981) The composting of agricultural wastes. In: Stonehouse, B. (ed.), *Biological Husbandry*. Butterworths, London, 99-111
- KIRCHMANN, H. (1985): Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agricultura Scandinavica* 24, 7-77
- RAUPP, J. (2001): Eine stabile Bezugsgröße für Inhaltsstoffveränderungen während der Stallmistrotte: Ist der Aschegehalt wirklich zuverlässig? *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 13, 248-249
- THOMSEN, I.K. (2000): C and N transformations in (^{15}N) cross-labelled solid ruminant manure during anaerobic and aerobic storage. *Bioresource Technology* 72, 267-274

„Feinstoffliche Felder“ und Pflanzenwachstum

Wilfried Hübner & Fabian Hüttner*

Einleitung

Der Begriff „feinstoffliche Felder“ ist nicht definiert. Er findet heute häufig Verwendung im Zusammenhang mit alternativen Techniken, die Ähnlichkeiten mit denen des biologisch dynamischen Landbaus haben. Man geht davon aus, dass die sehr hochfrequente kosmische Hintergrundstrahlung mit „Informationen“ versehen ist, die das Leben beeinflussen. Solche Strahlung könne man auch verändern und mit den Schwingungsmustern bestimmter Stoffe versehen. Andere Stoffe (z.B. fein vermahlener Quarzsand) nehmen diese „Informationen“ auf und geben sie wie ein Katalysator an die Umgebung ab. Relativ bekannt sind Präparate der Firma Plocher Energiesysteme. Mit der derzeitig zur Verfügung stehenden und allgemein akzeptierten Technik können weder chemische noch physikalische Messgrößen nachgewiesen werden.

Die Ausrichtung der kosmischen Hintergrundstrahlung auf eine Fläche kann auch mit sogenannten „Power-Djets“ erfolgen. Das sind technische Installationen mit bestimmten Materialfolgen, die in Resonanz mit der kosmischen Einstrahlung stehen sollen. Von ähnlichen Ergebnisse bei Verwendung quarzgefüllter Terrakottaröhren wird ebenfalls berichtet. Da ein direkter Nachweis „feinstofflicher Felder“ bisher nicht möglich ist, wird in pflanzenbaulichen Experimenten ein Wirkungsnachweis versucht.

Material und Methoden

Die Versuche mit den Plocher-Präparaten in Mitscherlichgefäßen waren in der Regel in andere Versuche integriert. Zur Verfügung standen die Präparate Bodenbelegung I-III, Penac Pflanze, Penac Wurzel, Plocher Pflanzenstärkung, Bodenaktivator, Plocher Pflanzenvital und Plocher Blattstärkung. 0,01-0,1 g/kg Boden TS wurden vor der Aussaat eingemischt. Die mit etwa 80 cm Quarzsand gefüllten Terrakottatürme (Abb. 1) standen in Winterweizen auf feuchtem humosen Standort. Neben Ertrag und Ertragsmerkmalen wurden in diesem Feldversuch zusätzlich Messungen mit dem Pflanzenvitalitätsmessgerät Plantvital 5000 der innoConcept GmbH Strausberg im Schosstadium des Getreides durchgeführt. 2005 werden auch Versuche mit anderen Power-Djets durchgeführt (Abb. 1).



Abb. 1: Terrakottaturm im Winterweizen 2004 (links) und Power-Djet im Winterraps 2005 (rechts)

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; email: wilfried.huebner@agrar.hu-berlin.de

Ergebnisse und Diskussion

Der Einsatz des Plocher-Präparates „Bodenbelebung I-III“ hatte in einem Kaliumsteigerungsversuch Einfluss auf das Jugendwachstum von Pflanzen (Tab. 1). Der Ertragsvorsprung hing von der Höhe des Kaliumeinsatzes ab und reduzierte sich mit der Laufzeit des Versuches stark bzw. schlug bei sehr hoher Kaliumversorgung sogar ins Gegenteil um. Die Kompensationshypothese von FRITSCH (2004) aus dem Biologisch Dynamischen Landbau könnte einen Erklärungsansatz bieten.

Tab. 1: Präparatwirkung von Bodenbelebung I-III auf die Wuchshöhe von Sommerweizen (rel.) in Abhängigkeit von der Kaliumdüngung (ohne Präp.=100 %)

Messdatum	0,0 g Kalium	0,33 g Kalium	0,67 g Kalium	1,0 g Kalium
18. Februar	+ 48	+ 42	+ 36	+ 25
03. März	+ 10	+ 12	+ 10	0
17. März	+ 2	+ 6	+ 1,5	- 5,7

Ähnlich sollten auch die Ergebnisse aus einem Gefäßversuch mit verschiedener Stickstoffdüngung zu interpretieren sein (Abb. 2). Die ungedüngte Variante erzielte durch den Einsatz des Präparates einen signifikanten Mehrertrag, während in der mit mineralischem Stickstoff versorgten Variante der Ertrag durch Präparateinsatz tendenziell sank.

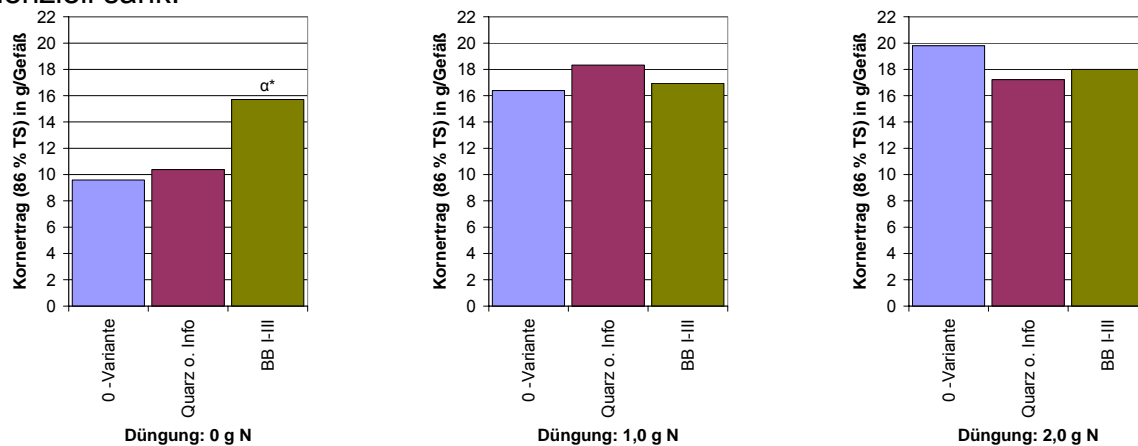


Abb. 2: Sommerweizenertrag im Stickstoffversuch bei Einsatz des Präparates Bodenbelebung I-III

Der Einsatz des Terrakottaturmes im Feldversuch hatte keinen Einfluss auf den Winterweizenertrag. Das Ertragsniveau des konventionell bewirtschafteten 18 ha grossen Schlags lag mit 88 dt/ha allerdings sehr hoch. Die Ertragskarte wies keine auffälligen Veränderungen der heterogenitätsbedingten Ertragsverteilung aus. Bemerkenswert sind die einmaligen Messungen des von den Pflanzen entwickelten Sauerstoffpartialdruckes, der nach Ansicht der Hersteller des Messgerätes auf die „Vitalität“ der Pflanzen schliessen lässt (Tab. 2).

Tab. 2: Sauerstoffsättigung (mg/l) in der Messlösung des Plantvital 5000

Turmentfernung (m)	5	10	20	40	50	60	80	100	120	160
	8,8	8,6	8,0	7,8	7,0	6,9	6,7	4,8	4,7	4,8

Literatur

- Hüttner, F. (2005): Untersuchungen zur nicht stofflichen Wirkung von Präparaten auf Nutzpflanzen, MSC-Arbeit Humboldt-Universität zu Berlin
 Fritz J. (2004) Reaktionen von Pflücksalat (*Lactuca sativa* L. var. *Crispa*) und Buchbohnen (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Nanus*) auf das Spritzpräparat Hornkiesel, Diss. Bonn

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Beikräuterbestand im semiariden Produktionsgebiet

G. Besenhofer*, P. Liebhard**, J. Glauninger** & H. Wagentristl**

Einleitung

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen steht der Kulturpflanzenbestand im Vordergrund, zur Optimierung des Kulturpflanzenbestandes sind sämtliche Managementmaßnahmen des Landwirtes darauf abgestimmt. Im Ackerbau beginnt dies mit der Fruchtfolgegestaltung (innerhalb bestimmter Schläge des Betriebes), weiters sind Grundbodenbearbeitung, Düngung, Pflegemaßnahmen, Pflanzenschutz, u.a. bei der jeweiligen Fruchtart entscheidend. Von hoher Bedeutung sind weiters die Maßnahmen während der Zwischenbrachezeit zweier Hauptfrüchte.

Beikräuter – Unkräuter werden in der Regel als negative Begleitpflanzen eingestuft. Die Beikrautflora ergibt sich einerseits aus den Boden- und Klimabedingungen und andererseits wird sie von sämtlichen Kultur- und Pflegemaßnahmen geprägt. Von hoher Bedeutung sind die Art und Intensität der Beikrautbekämpfung (chemisch – mechanisch) sowie das Bodenbearbeitungssystem, welches neben der direkten Bekämpfung von bestimmten Wurzelunkräutern das Einbringen der Unkrautsamen in den Boden verändert und dadurch die unmittelbaren Wachstumsbedingungen beeinflusst.

Material und Methoden

Ein seit August 1996 an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf (Niederösterreich, 8 km östlich von Wien) laufender Versuch (zweifaktorielle Spaltanlage mit fünf Großteilstücken – Bodenbearbeitungssysteme und je zwei Kleinteilstücken – Fruchtfolge) ist für das semiaride Produktionsgebiet repräsentativ. Die gesamte Versuchsanlage hat eine Fläche von 5,94 ha und ist 258 m lang und 230 m breit. Die Parzellen der ersten Wiederholung haben eine Größe von 60 x 24 m. Die Parzellen der drei übrigen Wiederholungen 40 x 24 m. Die besondere Länge bzw. Größe der Parzellen ist wegen des praxisnahen varianten-bezogenen Bearbeitens der Fläche mit verschiedenen Maschinen vorgegeben.

Bearbeitungsvarianten:

Variante 1: Konventionelle Bearbeitung – Lockerbodenwirtschaft (Pflug)

Variante 2: Extreme Festboden-Mulchwirtschaft (Direktsaat)

Variante 3: Lockerboden-Mulchwirtschaft (tiefe Grubberbearbeitung)

Variante 4: Festboden-Mulchwirtschaft (flache Grubberbearbeitung)

Variante 5: Integriertes Bodenbearbeitungssystem (einmal in der Fruchtfolge Pflug, ansonsten reduzierte Bearbeitungsintensität)

Meist wird die Unkrautregulierung variantenbezogen durchgeführt. In mehreren Jahren wurde der Beikrautbestand erhoben. Bei den Auswertungen wurden die einzelnen Unkrautarten, der Deckungsgrad der Unkräuter und der Deckungsgrad der Kulturpflanze erhoben.

* Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH AGES, Wien

** Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

Ergebnisse und Diskussion

In der Kulturart Zuckerrübe lag in allen Varianten ein überdurchschnittlich hoher Unkrautdeckungsgrad vor, wobei die Variante 2 (Extreme Festboden-Mulch-wirtschaft) den höchsten Wert bei gleich bleibender Anzahl der Unkrautarten aufwies. Vorherrschende Unkrautarten waren neben dem Weißen Gänsefuß (*Chenopodium album*), Hederich (*Raphanus raphanistrum*) und Ackersenf (*Sinapsis arvensis*). Insgesamt traten 15 verschiedene Unkrautarten auf.

In der Kulturart Mais wurde in der Variante 1 (Konventionelle Bearbeitung) und der Variante 5 (Integriertes Bodenbearbeitungssystem) zum Auswertungstermin Ende Mai der höchste Kulturpflanzendeckungsgrad erreicht (Abb. 1). Die Varianten mit geringerer Bearbeitungsintensität, insbesondere die Variante 2 (Extreme Festboden-Mulch-wirtschaft) zeigten einen teils signifikant niedrigeren Deckungsgrad. Der Deckungsgrad der Beikräuter hingegen verhielt sich entgegengesetzt – insbesondere die Variante 2 zeigte eine starke Verunkrautung. Bei insgesamt 28 verschiedenen Unkrautarten war in der Variante 2 die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) dominierend, aber auch der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*) trat wesentlich stärker auf als in den anderen Varianten.

In der Kulturart Winterweizen lag der Kulturdeckungsgrad zum Zeitpunkt der Auswertung Mitte April unabhängig von der Variante zwischen 90 und 95 %. Insgesamt konnten 20 verschiedene Unkrautarten festgestellt werden. Der höchste Unkrautdeckungsgrad wurde in der Variante 2 mit etwa 5 % festgestellt, was sich mit ARNOLD-REIMER 1994, TUESCA et al. 2001 und LANZER 2002 deckt. Dominierende Unkrautart in dieser Variante war wiederum *Cirsium arvense*. In den anderen Varianten lag der Unkrautdeckungsgrad um oder unter 1 %.

Literatur

- ARNOLD-REIMER, K. 1994: Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Pflanzenkrankheiten und Unkräuter im Getreide und Konsequenzen für einen gezielten Pflanzenschutz. Diss., Georg-August-Univ. Göttingen.
- TUESCA, D.; PURICIELLI, E. and J.C. PAPA 2001: A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. Weed Res. 41, 369-382.
- LANZER, B. 2002: Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Verunkrautung und das Krankheitsauftreten bei Zuckerrübe. Dipl.-Arbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

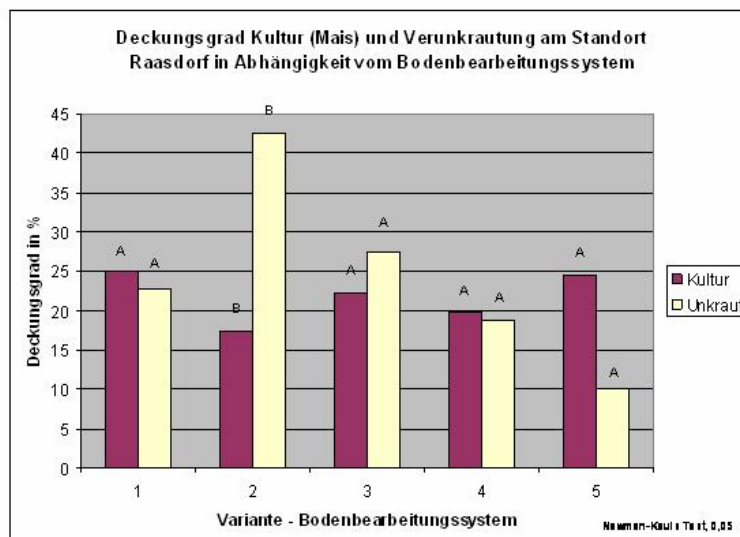


Abb. 1: Deckungsgrad Kultur (Mais) und Verunkrautung in Abhängigkeit von Bodenbearbeitungssystem

Unkrautauflkommen bei kurzfristig variiertes Intensität der Bodenbearbeitung

Annette Häberle, Sabine Gruber & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Durch pflanzenbauliche Maßnahmen wie reduzierte Bodenbearbeitung, späte Bearbeitungstermine und Begrünungsgebote über Winter sollen Nitratausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen verringert werden. Dies steht zum Teil nicht im Einklang mit einer auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben für die Unkrautkontrolle und damit auch für die Ertragsbildung sehr wichtigen zeit- und bedarfsgerechten Bodenbearbeitung. Langfristige Effekte der Bearbeitungsintensität auf Umfang und Zusammensetzung von Unkrautpopulationen sowie auf den Bodensamenvorrat im Boden sind bekannt. Eine Untersuchung auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben in Baden-Württemberg soll zeigen, ob die kurzfristige Anwendung nitratreduzierender Maßnahmen eine Beeinträchtigung der Anbauverfahren zur Folge hat.

Material und Methoden

Die dreijährigen Versuche (2002-2005) waren in bodenarttypischen Gebieten Baden-Württembergs angelegt. Zwei Untersuchungsflächen befanden sich auf der Schwäbischen Alb (Kalkstein), zwei im Main-Tauber-Gebiet (Muschelkalk und Keuper) und zwei weitere Standorte lagen in der Gäu-Region (Löss). Je Versuch wurden die direkten Auswirkungen im Anschluss an 5 verschiedene Verfahren und Zeitpunkte der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung (Tab. 1) auf den Gesamtunkrautdruck, die Verteilung einzelner Unkrautarten sowie die Verteilung des Bodensamenvorrats untersucht.

Tab. 1: Varianten der Bodenbearbeitung (4 Wiederholungen/Versuchsfeld)

Variante	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
Pflug Okt.	Pflug	Saat WW				
Grubber Okt.	Grubber	Saat WW				
Pflug Nov.	Begrünung	Pflug				Saat SW
Pflug Dez.	X	X	Pflug			Saat SW
Pflug Febr.	Begrünung	Begrünung	Begrünung	Begrünung	Pflug	Saat SW

WW: Winterweizen, SW: Sommerweizen

Im Frühjahr fanden auf allen Standorten Unkrautbonituren statt. Hierzu wurden Schätzrahmen verwendet, deren Größe dem jeweiligen Unkrautauflkommen der Standorte angepasst wurden. Je Variante wurden im dritten Versuchsjahr während der Vegetation der Kulturpflanzen Bodenproben zur Bestimmung des Bodensamenvorrates entnommen. Die 120 Proben je Variante wurden in drei Tiefenstufen (0-10 cm, 10-20 cm und 20-30 cm) unterteilt. Eine Bestimmung der Unkrautarten wobei die Unterteilung in keimfähige bzw. nicht keimfähige Samen wird laboranalytisch erfolgen.

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre, Fruwirthstraße 23, Universität Hohenheim

Ergebnisse und Diskussion

Reduzierte Bodenbearbeitung und unterlassene Stoppelbearbeitung sind im Ökologischen Landbau häufig mit einer Zunahme von Unkräutern verbunden (EHLERS, 1992). Die vorliegenden Ergebnisse der dreijährigen Studie zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Bearbeitungsvarianten (Abb. 1A und B). Weder durch eine unterschiedliche Intensität

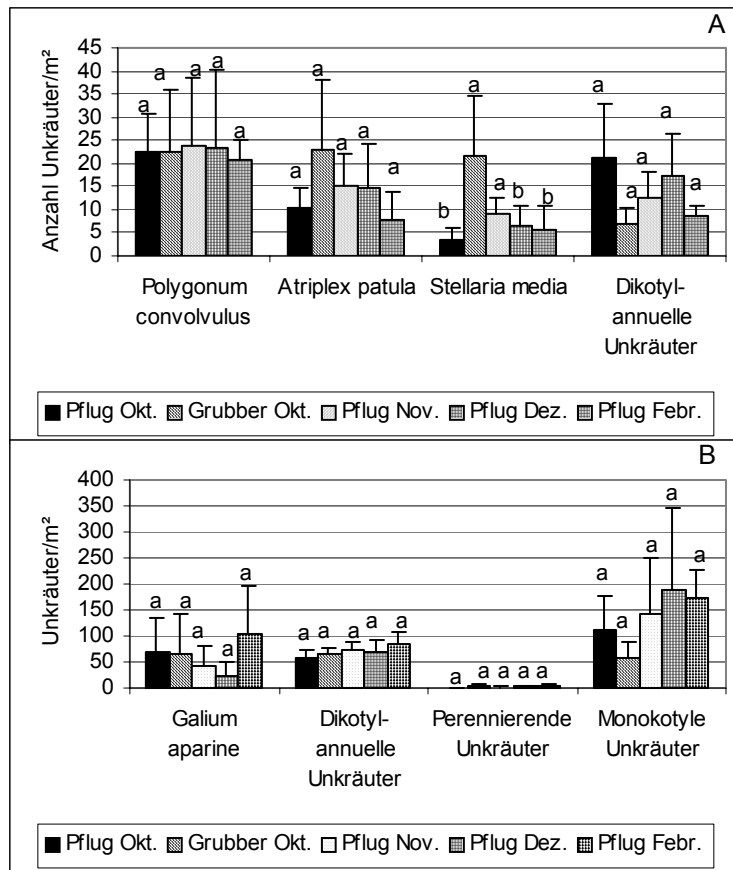


Abb. 1: Anzahl Unkräuter/m², Mai 2005, Gäu (A), Schwäbische Alb (B), Balken: Standardabweichung, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$.

noch durch unterschiedliche Zeitpunkte kurzfristig variiert Bearbeitung zeigten sich einheitlich signifikante Auswirkungen auf die Entwicklung der Unkrautpopulation über alle Versuchsstandorte. Weder in der Entwicklung von Samenunkräutern noch in der Entwicklung perennierender Arten wurden signifikante Ab- bzw. Zunahmen in der Anzahl Unkräuter/m² in den einzelnen Varianten beobachtet. Insgesamt war in den später bearbeiteten („Pflug Nov.“, „Pflug Dez.“, „Pflug Febr.“) und mit Sommerweizen besäten Parzellen ein höheres Unkraut- aufkommen vorhanden als in den im Herbst bestellten und mit Winterweizen eingesäten Parzellen. Anhand der entnommenen Bodenproben zum Samenvorrat sollen eventuell vorhandene Unterschiede in der Tiefenablage bei einjährig

variiert Bearbeitung festgestellt werden um Aussagen über längerfristige Effekte zu gewinnen. Ergebnisse hierzu liegen noch nicht vor. Zwischen den jeweiligen Regionen und den einzelnen Standorten zeigten sich große Unterschiede im Gesamtunkraut- aufkommen, die zum einen durch unterschiedliche Bodentypen und Witterungsverhältnisse und zum anderen durch das Betriebsmanagement zustande kamen. Die bisher vorliegenden Ergebnisse lassen durch eine einmalig variiert Bodenbearbeitung keine unmittelbare Effekte auf eine Verunkrautung unter den Produktionsbedingungen des Ökologischen Landbaus erkennen.

Literatur

Ehlers, W. 1992: Reduzierte Bodenbearbeitung – Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. VDLUFA-Schriftenreihe 35, Kongressband 1992: 35-58.

Einfluss einmaliger Befahrung mit einem 6-reihigen Zuckerrübenroder auf das Wachstum von Getreide bei differenzierter Bodenbearbeitung

Henning Heuer, Olga Tomanová & Heinz-Josef Koch*

Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten haben die Fahrzeugmassen von Traktoren, selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und Transportfahrzeugen und damit auch die Radlasten stark zugenommen. Der Einsatz solcher Maschinen bei ungünstigen Bedingungen (z.B. hoher Bodenfeuchte) kann zu unerwünschten Veränderungen des Bodengefüges führen. Es ist zu erwarten, dass sich Böden mit nur flach lockernder Festbodenmulchwirtschaft (FBMW) im Vergleich zu gepflügten Böden (Lockerbodenwirtschaft = LBW) gegenüber mechanischer Belastung als unempfindlicher auszeichnen (Ehlers et al. 2000).

Vor diesem Hintergrund wurde in einen Bodenbearbeitungsversuch bei Göttingen ein Befahrungsversuch integriert, um den Einfluss einmaliger Befahrung auf das Wachstum von Getreide bei differenzierter Bodenbearbeitung zu prüfen.

Material und Methoden

Ab Herbst 2001 wurde auf dem Systemversuch Bodenbearbeitung Harste (Lössboden) eine Studie mit gezielter Befahrung durchgeführt. Der Versuch war auf drei benachbarten Feldern (Fruchtfolge Zuckerrübe, Weizen, Gerste) jeweils als Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Bodenbearbeitung war seit 1992 auf ortsfesten Parzellen in die Verfahren LBW (ca. 30 cm tief gepflügt) und FBMW (bis 10 cm tief gegrubbert) differenziert. Nach der Befahrung erfolgte die Bodenbearbeitung zur Aussaat der jeweiligen Prüffrucht. In beiden Bodenbearbeitungsverfahren wurde der Boden nach der Zuckerrübenernte erstmalig jeweils im Herbst der Jahre 2001 (Feld 2), 2002 (Feld 1) und 2003 (Feld 3) einmalig mit einem praxisüblichen, 6-reihigen Köpfrödebunker (ca. 34 Mg Gesamtgewicht) befahren. Diese Belastung erfolgte zusätzlich zu den üblichen Bewirtschaftungsmaßnahmen mit leichten Versuchsmaschinen (maximal 10 Mg Mähdrescher bzw. 7 Mg Zuckerrübenroder). Untersucht wurde der Einfluss der Bodenbearbeitung und einmaligen Befahrung auf das Wurzelwachstum (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm Tiefe) und den Blattflächenindex (BFI an 6 Terminen zwischen Mai-Juli) von Winterweizen und Sommerweizen sowie den Kornertrag von Winterweizen, Sommerweizen und Sommergerste.

Ergebnisse und Diskussion

Die Wurzellängendichte (WLD) von Winterweizen nahm mit zunehmender Tiefe (0-45 cm) von etwa 4 cm cm⁻³ auf etwa 1 cm cm⁻³ im Mittel über alle Faktoren ab. Bei Sommerweizen war die WLD über alle Tiefenabschnitte gleichmäßiger verteilt (ca. 1 cm cm⁻³). Während beim Winterweizen die Bodenbearbeitung keinen Einfluss auf die WLD hatte, war die WLD von Sommerweizen im Verfahren LBW tendenziell höher als bei FBMW. Bedingt durch die unterlassene Bodenbearbeitung in der Tiefe 15-30 cm im Verfahren FBMW war der Unterschied in dieser Tiefe signifikant. Die Befahrung mit dem Köpfrödebunker hatte keinen Einfluss auf die WLD.

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

Der BFI von Winterweizen war über den gesamten Messzeitraum im Verfahren LBW höher als im Verfahren FBMW. Dieser Einfluss der Bodenbearbeitung war Ende Mai, Anfang Juni und Anfang Juli signifikant. Die Wirkung der Befahrung war nicht signifikant.

Bei Sommerweizen war der BFI im Verfahren FBMW gegenüber dem Verfahren LBW in dem gleichen Zeitraum erhöht, wobei dieser Unterschied Mitte Mai und im Juni signifikant war. Daher war vermutlich der Kornertrag von Sommerweizen im Verfahren FBMW tendenziell höher als im Verfahren LBW (Mittel der Befahrung, Abb. 1). Nach Befahrung verringerte sich der BFI bis zu $0,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ im Vergleich zur unbefahrenen Variante. Dieser Einfluss der Befahrung war sowohl zu Beginn der Messungen (Anfang Mai) als auch Mitte Mai signifikant. Im weiteren Vegetationsverlauf schwächte sich der Einfluss der Befahrung ab, war jedoch tendenziell auch zu den späteren Terminen erkennbar. Der Kornertrag von Getreide wurde weder von der Bodenbearbeitung noch von der Befahrung signifikant verändert.

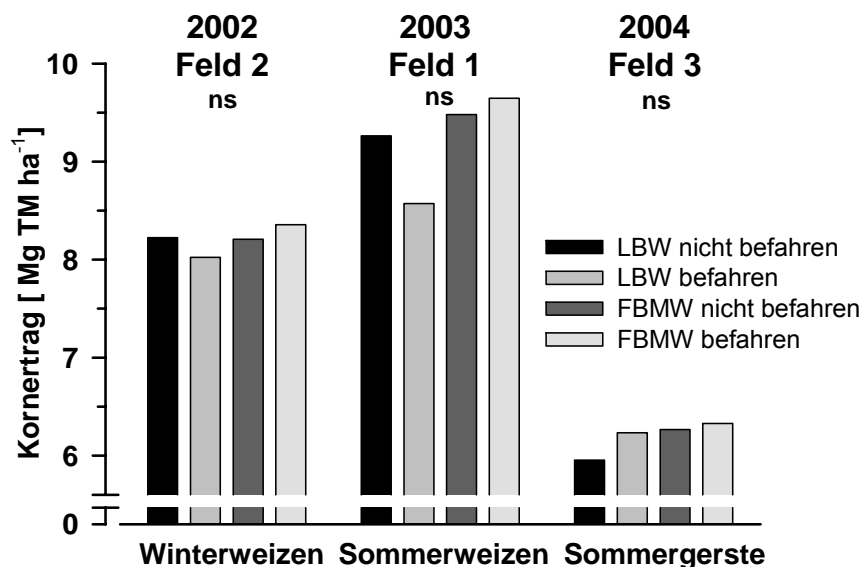


Abb.1: Einfluss von Bodenbearbeitung und Befahrung mit einem Zuckerrübenroder auf den Kornertrag von Getreide im Systemversuch Bodenbearbeitung Harste (LBW = Lockerbodenwirtschaft; FBMW = Festbodenmulchwirtschaft; ns = nicht signifikant)

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass durch einmalige Befahrung mit einem 6-reihigen Köpfrödebunker auf diesem Standort keine Bodenverdichtung hervorgerufen wurde, die zu einem Minderertrag bei Getreide führte. Diese Ergebnisse bestätigen Untersuchungen von Brunotte & Sommer (2000) und Arvidsson (2001).

Literatur

- Arvidsson, J., 2001: Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden. I. Soil properties and crop yield in six field experiments. *Soil & Till. Res.* 60: 67-78.
- Brunotte, J. und Sommer, C., 2000: Gute fachliche Praxis beim Einsatz leistungsfähiger Erntetechnik. *Landtechnik* 60: 14-16.
- Ehlers, W.; Werner, D. und Mähner, T., 2000: Wirkung mechanischer Bodenbelastung auf Gefüge und Ertragsleistung einer Löss-Parabraunerde mit zwei Bodenbearbeitungssystemen. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163: 321-333.

Bodenphysikalische Eigenschaften bei langjährig konservierender Bodenbearbeitung und ihr Einfluss auf Zuckerrübenwachstum und -ertrag

Olga Tomanová¹⁾, Heinz-Josef Koch¹⁾, Helmut Rogasik²⁾ & Ingrid Onasch²⁾

Einleitung

Konservierende Bodenbearbeitung kann physikalische, chemische und biologische Merkmale eines Bodens verändern und damit auch seine Eigenschaften als Wuchs-ort von Pflanzen beeinflussen. In einem Versuch bei Göttingen (D) wurde ein erheblicher Minderertrag von Zuckerrüben bei langjährig flach mischender im Vergleich zu tief wendender Bearbeitung mit dem Pflug festgestellt. Früheren Untersuchungen zufolge ist der Minderertrag nur teilweise durch eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der Pflanzen zu erklären (Tomanová & Koch 2004). Es wurde daher vermutet, dass der Ertragsrückgang bei flacher Bearbeitung vor allem durch einen höheren mechanischen Bodenwiderstand bedingt ist, der das Wurzel- und vor allem das Dickenwachstum des Rübenkörpers beeinträchtigt. Diese Hypothese wurde mit vegetationsbegleitenden bodenphysikalischen Untersuchungen überprüft.

Material und Methoden

Der Bodentyp des Versuchsfeldes (150 m ü. N.N., 8,8 °C, 602 mm) ist eine pseudo-vergleyte Parabraunerde aus Löss. Der Versuch wurde auf drei Teilschlägen angelegt, von denen jährlich einer mit Zuckerrüben und zwei mit Getreide bestellt waren. Varianten der Bodenbearbeitung waren die Verfahren Lockerbodenwirtschaft (LBW: gepflügt zu jeder Hauptfrucht ca. 30 cm tief) und Festboden-Mulchwirtschaft (FBMW: nicht wendend gegrubbert bis maximal 10 cm Tiefe) auf ortsfesten Parzellen (Versuchsbeginn 1992). Die N-Düngung zur Zuckerrübe betrug 110 kg N ha⁻¹.

Im Frühjahr 2004 wurden nach der Aussaat ungestörte Bodenproben (Tiefe 10-19 cm) entnommen, um mittels Röntgen-Computertomographie (CT) die Makrostruktur des Bodens zu untersuchen. Weitere CT-Untersuchungen an ungestörten Bodensäulen (Tiefe 0-19 cm) einschließlich des gewachsenen Rübenkörpers erfolgten Ende August. Bei der Ernte Ende September wurden der Rübenertrag erfasst, die Scheitelhöhe gemessen und die Beinigkeit bonitiert. Durch angepasstes Köpfen der Rüben war sichergestellt, dass unterschiedliche Scheitelhöhen den Ertrag nicht beeinflussten.

Ergebnisse und Diskussion

FBMW führte im Mittel der Jahre 1993 bis 2004 im Vergleich zu LBW zu einem um ca. 10% signifikant niedrigeren Rübentrockenmasseertrag. Ebenso wurden ein signifikant höherer Anteil beiniger Rüben (Abb. 1 A) und eine tendenziell höhere Scheitelhöhe (Abb. 1 B) nach FBMW festgestellt. Dies deutet auf einen mechanischen Einfluss des Bodens auf die wachsende Zuckerrübe hin.

Ursächlich für die Unterschiede in Morphologie und Ertrag könnte die stärkere Dichtlagerung des Bodens bei FBMW sein, die zu einem erhöhten Eindringwiderstand führte. Die im Mai durchgeführten CT-Untersuchungen (Abb. 2 A-C) zeigten eine deutliche dichtebedingte Differenzierung in der Makroporosität und

¹⁾ Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

²⁾ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Bodenlandschaftsforschung, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

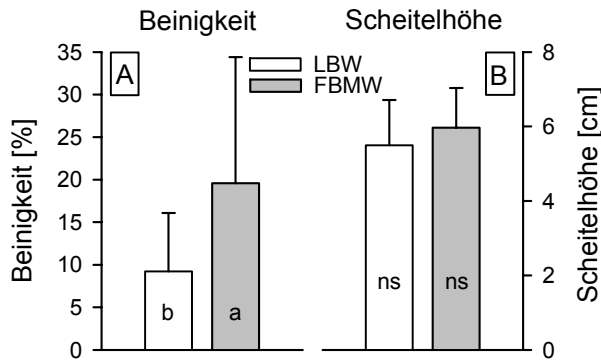


Abb. 1: Beinigkeit (A) und Scheitelhöhe (B) nach LBW und FBMW; a, b signifikante Unterschiede, ns = nicht signifikant; 1993-2004 (Harste bei Göttingen).

wiesen eine mittlere Lagerungsdichte in der Bodenschicht 10-19 cm von $1,48 \text{ g cm}^{-3}$ bei FBMW gegenüber $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ bei LBW auf.

Ende August wurde in der bearbeiteten Schicht von 1-10 cm Tiefe im den Rübenkörper umgebenden Boden bei LBW und FBMW eine etwa gleich hohe Lagerungsdichte von ca. $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ gefunden. In dieser Tiefe war in keiner der beiden Bearbeitungsvarianten ein ausgeprägter Verdichtungshof um den Rübenkörper herum zu verzeichnen. Dafür traten aber radiale Risse auf, die durch das Verdrängen des Bodens durch

den wachsenden Rübenkörper entstanden sind. Die ab ca. 10-12 cm Tiefe festgestellte erhöhte Lagerungsdichte nach FBMW ($1,45 \text{ g cm}^{-3}$, LBW $1,32 \text{ g cm}^{-3}$) führte zur höheren Beinigkeit sowie einem stärkeren Herauswachsen des Rübenkörpers (Scheitelhöhe) aus dem Boden (vgl. Rydberg 1992).

Unklar bleibt, ob die insgesamt höhere Lagerungsdichte in der unbearbeiteten Schicht des Verfahrens FBMW für das gehemmte Rübenkörperwachstum verantwortlich ist, oder ob vielmehr die abrupte Zunahme der Bodendichte mit dem Übergang vom bearbeiteten zum unbearbeiteten Teil der Krume ursächlich war.

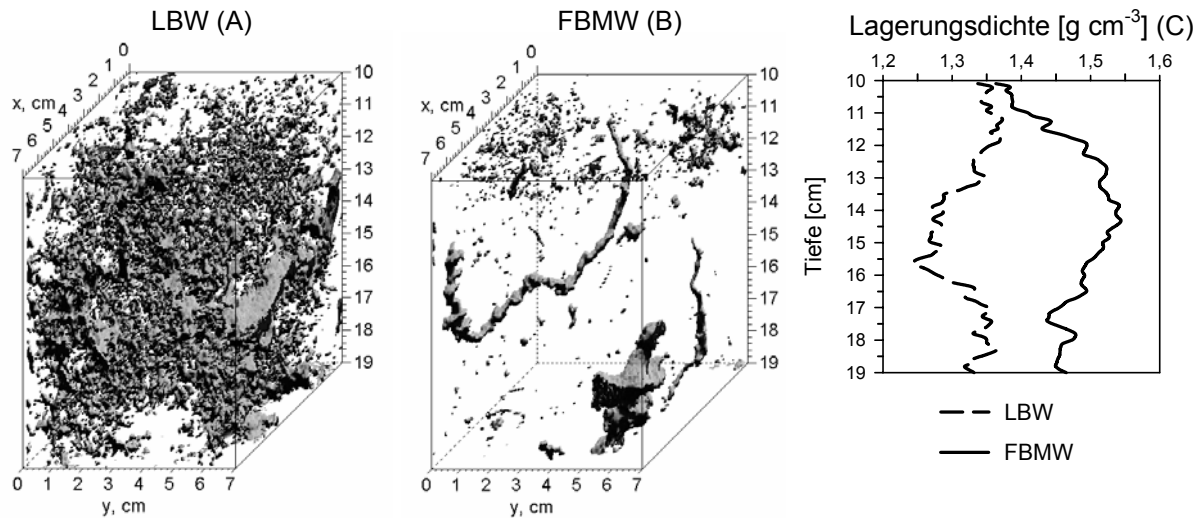


Abb. 2: Vergleich der Makroporosität (A und B) in 3-dimensionaler Darstellung (Makroporen: grau, Bodenmatrix: weiß) und der Lagerungsdichte (C) zwischen LBW und FBMW; Mai 2004 (Harste).

Literatur

Rydberg, T., 1992: Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. Soil Till. Res. 22, 253-264.

Tomanová, O. & H.J., Koch, 2004: Einfluss langjährig reduzierter Bodenbearbeitung auf die Nährstoffversorgung und das Wachstum von Zuckerrüben. Mttl. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 111-112.

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung und einer Zwischenfruchtbegrünung auf Sickerwasserkriterien bei Zuckerrübe im semiariden Produktionsgebiet

P. Liebhard*, E. Schmid**, G. Bodner* & H.-P. Kaul*

Einleitung

Agrarumweltprogramme fördern Produktionssysteme, die einerseits das Leistungspotential eines Standortes ausschöpfen, andererseits aber den Boden-, Erosions- und Grundwasserschutz berücksichtigen. Die Begrünung während der Zwischenbrachezeiten ist gerade für die Zuckerrübe eine wesentliche Maßnahme, da sie in den intensiv bewirtschafteten Ackerbaugebieten regional einen hohen Anteil einnimmt. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, vergleichend die Auswirkung einer Zwischenfrucht bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung zu Schwarzbrache auf den Zuckerrübenenertrag, die Verarbeitungsqualität sowie die mittelfristige Grundwasserneubildungsrate und die Nitratkonzentration im Sickerwasser zu beurteilen.

Material und Methoden

Das Marchfeld ist das bedeutendste geschlossene Ackerbauggebiet Österreichs und umfasst ca. 120000 ha, 70 % davon sind Ackerland. Klimatisch gehört das Marchfeld dem Pannonikum an und ist durch heiße trockene Sommer und kalte schneearme Winter sowie geringe relative Luftfeuchtigkeit und beinahe ständig wehenden Wind geprägt. Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt 9,7 °C, die mittlere Niederschlagsmenge liegt bei 572 mm.

Tab. 1: Clustereinteilung der repräsentativen Böden im Marchfeld

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Bodentyp	Tschernosem kalkh. Feinsed.	Tschernosem Löß	Feuchtschwarzerde	Tschernosem kalkh. Feinsed.	Para-Tschernosem
Humusgehalt Oberboden [%]	2,6	2,4	5,8	2,3	1,4
Wasser- verhältnisse	mäßige Durchlässigkeit	hohe Speicherkraft	wechselfeucht	hohe Durchlässigkeit	geringe Speicherkapazität
Nutzbare Feldkapazität [mm]	196	200	212	127	59

Tab. 2: Bodenbearbeitungsvarianten des Feldversuchs

	Bodenbearbeitungsvariante					
	1	2	3	4	5	6
Stoppelbearbeitung Tiefe [cm]	Grubber 7;15	Grubber 7; 15	Grubber 7; 15	Flachgr. 7	G; Tiefgr. 7; 15; 40	G; Tiefgr. 7; 15; 40
Zwischenfrucht	---	X	x	x	x	X
Grundbodenbearb. Pflug Tiefe [cm]	Oktober 25	August 25	Dezember 25	---	Dezember 25	---

Aufgrund der äußerst unterschiedlichen geologischen Ausgangslage sind 312 Bodenformen ausgewiesen (Österr. Bodenkartierung). 138 davon decken 95 % der Fläche ab. Mittels Clusteranalyse wurden repräsentative Bodenformen für die acker-

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

** Department für Wirtschaft- und Sozialwissenschaften, Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien

bauliche Bodennutzung nach den Parametern nutzbare Feldkapazität und Humusgehalt ausgewählt. Es ergaben sich 5 Cluster (Tab. 1).

Der zweijährige Feldversuch wurde auf einem repräsentativen Boden (Cluster 1) für das Marchfeld in Raasdorf als Spaltanlage mit fünf Groß- (Bodenbearbeitung) und je zwei Kleinteilstücken (Zwischenfrucht) in vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 12x40 m und konnte mit Großmaschinen praxisnah bewirtschaftet werden. Als Zwischenbegrünung wurde in beiden Jahren am 20. August auf allen Parzellen (mit Ausnahme der Variante 1) 5 kg/ha Phacelia und 8 kg/ha Ölrettich angebaut (Tab. 2). Das Pflanzenwachstum (Ertrag und Rübenqualität), der Stickstoffkreislauf und die Wasserbilanz wurden mit dem „Environment Policy Integrated Climate Model“ (EPIC) von WILLIAMS (1995) geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedliche Bodenbearbeitung (Stoppel- und Grundbodenbearbeitung) hat einen großen Einfluss auf den Zeitpunkt und die Höhe des Feldaufganges (Ergebnisse nicht angeführt). Die Zuckerrübe reagiert im Wurzelwachstum und in der Photosyntheseleistung auf Bodenverdichtungen und vermindertes Wasserangebot besonders empfindlich. Die in Tab. 3 angeführten Werte sind erwartete Szenarioergebnisse der Modellierung, die anhand der Feldversuchsergebnisse kalibriert wurden. Die zwar signifikanten aber relativ geringen Unterschiede im Rübenenertrag sind auf den Einfluss der Wurzelwegsamkeit und des mittleren Einzelrüben-gewichtes zurückzuführen.

Der Einfluss der Bodenbearbeitungsvarianten ist in Einzeljahren hoch. Der zusätzliche Wasserverbrauch durch die aufwachsende Zwischenfrucht führt nach dem Schätzergebnis der

Tab. 3: Arithmetische Mittel der simulierten Zuckerrüben TM-Erträge, Sickerwassermenge und Stickstofffracht im Marchfeld (10 Kalenderjahre)

Boden-Cluster		Bodenbearbeitungsvariante					
		1	2	3	4	5	6
1	TM Ertrag dt ha ⁻¹ Rübe	134	125	121	112	123	123
	Sickerwassermenge mm	70	59	64	69	62	57
	Stickstofffracht kg ha ⁻¹	2,3	0,3	0,2	1,1	0,2	0,2
2	TM Ertrag dt ha ⁻¹ Rübe	127	119	116	107	118	115
	Sickerwassermenge mm	50	43	47	50	46	42
	Stickstofffracht kg ha ⁻¹	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3	TM Ertrag dt ha ⁻¹ Rübe	142	131	125	114	129	133
	Sickerwassermenge mm	72	60	65	70	63	58
	Stickstofffracht kg ha ⁻¹	12,6	11,7	15,1	20,5	11,4	6,9
4	TM Ertrag dt ha ⁻¹ Rübe	130	121	119	111	120	119
	Sickerwassermenge mm	81	71	78	82	76	69
	Stickstofffracht kg ha ⁻¹	2,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1
5	TM Ertrag dt ha ⁻¹ Rübe	110	108	106	100	107	107
	Sickerwassermenge mm	162	160	168	167	167	158
	Stickstofffracht kg ha ⁻¹	16,2	9,3	6,7	9,5	6,5	7,8

Modellierung zu einer Ertragsverminderung von ca. 5 t ha⁻¹ Rüben (aufgrund stark schwankender jährlicher Niederschlagsmengen von 380 bis 685 mm). Sehr deutlich zeigt sich der Boden-Standorteinfluss (Bodenart, Wasserspeicherfähigkeit und Durchlässigkeit). Ein Zwischenfruchtanbau vor Zuckerrübe führt zu positiven Umwelteffekten und vermindert die Stickstofffracht ins Grundwasser zwischen 2,0 und 4,2 kg ha⁻¹ (LIEBHARD et al. 2004). Im Vergleich zu anderen intensiv geführten Fruchtarten ist bei Zuckerrübe die Stickstoffauswaschung gering.

Literatur

- WILLIAMS, J.R. (1995): The EPIC Model. In: V.P. SINGH, Computer models of watershed hydrology, Water Resources Publications. Highlands Ranch, CO, 909-1000.
- LIEBHARD, P., E. SCHMID and F. SINABELL (2004): Effects of Reduced Tillage Systems and Cover Crops on Sugar Beet Yield and Quality, Ground Water Recharge and Nitrogen Leaching in the Pannonic Region Marchfeld, Austria. Pflanzenbauwissenschaften **8**, 1-9.

Long-term effect of different soil tillage systems and straw management practices on grain yields of continuous spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

T. Dryšlová, B. Procházková, J. Křen, J. Málek, V. Smutný, L. Neudert & I. Remešová*

Introduction

A number of agricultural enterprises without livestock production, or with livestock production but without need of straw, have been increasing. A question arises how to use straw. Effects of various straw management practices on yields of successive crops and modifications of the soil environment have been described by a number of authors. Their studies show that straw fertilization, and particularly in combination with minimum soil tillage often results in difficult establishment of stands and straw can induce inhibitory effects on germination, emergence and initial growth of following crops. The objective of the presented results is to evaluate long-term effects of different straw management practices in combination with different soil tillage techniques and mineral fertilization on yields of continuous spring barley under dry and warm conditions of the maize-growing region.

Material and methods

Long-term field experiment with spring barley (*Hordeum vulgare* L.) was established in 1970 in the maize-growing region in Žabčice (experimental fields of Dpt. of Agrosystems and Bioclimatology of FA MUAF in Brno). The experiment was established in split-plot design in four replicates. The area of the plot was 37 m².

Site characteristics: the altitude is 180 m above sea level, average annual temperature 9.5°C, average annual sum of precipitation 480 mm; heavy gleic fluvisol (FM_G), neutral pH, humus content in topsoil 2.5% and content of available phosphorus and potassium good.

These variants were studied: variants of straw management (straw harvested-removed, straw incorporated into soil and straw burned); variants of soil tillage (conventional plough tillage to 0.22 m and shallow disc tillage to 0.12-0.15m); variants of mineral fertilization - in kg of pure nutrients.ha⁻¹ (1st 30 N, 26 P, 66 K; 2nd 60 N, 40 P, 100 K; 3rd 90 N, 40 P, 100 K).

Results and discussion

Average grain yield over all experimental variants was 5.18 t.ha⁻¹ in evaluated period 1975-2004. Effects of different straw management practices on yields of continuous spring barley differed in dependence on soil tillage practices and mineral fertilization (Table 1). Effects of studied years are presented in Figure 1 (with statistical assessment for P ≥ 99 %. Analysis of variance achieved significant effect of all studied factors. The statistically significant highest grain yields were reached with conventional plough tillage to 0.22 m (5.43 t.ha⁻¹), straw burned (5.39 t.ha⁻¹) and with the highest nitrogen doses (5.45 t.ha⁻¹) compared with other equivalent factors level. The obtained data from long-term experiment on heavy gleic fluvisol under dry and warm conditions demonstrate that shallow soil tillage in continuous spring barley for a long time leads to decrease of level of yields.

* Department of Agrosystems and Bioclimatology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic

Tab. 1: Yields of continuous spring barley (t.ha⁻¹), average 1975 - 2004.

Soil tillage variant	N doses (kg.ha ⁻¹)	Straw management variant			Average
		Straw harvested	Straw incorporated	Straw burned	
Conventional plough tillage to 0.22 m	30	4.87	5.26	5.34	5.16
	60	5.21	5.62	5.67	5.50
	90	5.43	5.68	5.79	5.63
	Average	5.17	5.52	5.60	5.43
Shallow tillage to 0.12 - 0.15 m	30	4.40	4.43	4.74	4.52
	60	4.83	4.90	5.23	4.99
	90	5.08	5.17	5.55	5.27
	Average	4.77	4.83	5.17	4.92
Average		4.97	5.18	5.39	5.18

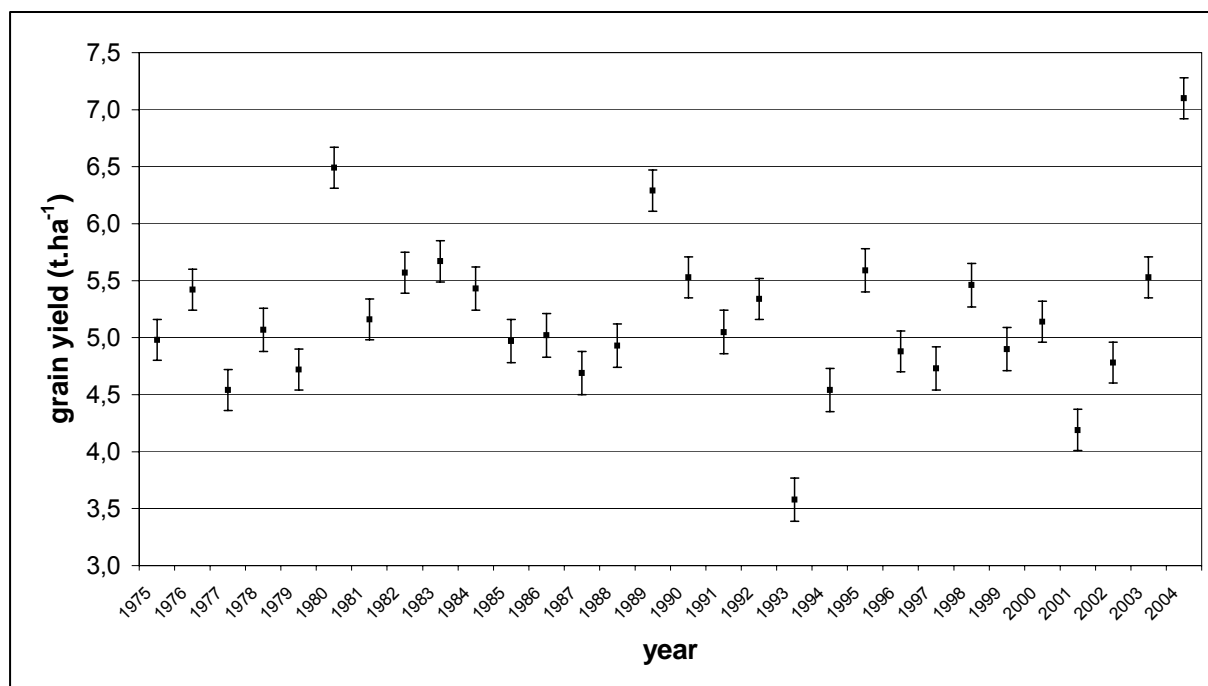


Fig. 1: Yields of continuous spring barley (t.ha⁻¹), average 1975 - 2004 (P ≥ 99 %)

References

- Procházková, B., Málek, J., Dovrtěl, J. Effect of different straw management practices on yields of continuous spring barley. *Rostlinná výroba*, 2002, 48 (1): 27-32.
- Soane, BD., Ball, BC. Review of management and conduct of long-term tillage studies with special reference to a 25-yr experiment on barley in Scotland. *Soil and Tillage Research*, 1998, 45 (1-2): 17-37.
- Torresen, KS., et al. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. *Crop Protection*, 2003, 22 (1): 185-200.

Acknowledgement

Supported by the NAZV agency of MZe ČR by project no. QD 1213.

Energiebilanzen von Mais und Sojabohne in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge im Mittelwesten der USA

Gisa-Wilhelmine Rathke*, B. J. Wienhold** & W. Diepenbrock*

Einleitung

Im Bereich des Pflanzenbaus kommt den Kulturarten Mais (*Zea mays* L.) und Sojabohne (*Glycine max* L.) weltweit eine besondere Stellung zu. Inwieweit ihr Anbau zu einer ressourcenschonenden und umweltverträglichen Kreislaufwirtschaft beiträgt, hängt von den Bewirtschaftungsszenarien ab. Um dies zu bewerten, muss die energetische Leistungsfähigkeit der Produktionssysteme betrachtet werden. Hierzu eignet sich die Energiebilanz, weil sie unabhängig von ökonomischen Parametern ist und gleichzeitig ökologische Kenngrößen einschließt (Hülsbergen et al. 2001). Die Höhe des fossilen Energieeinsatzes hängt stark von der angebauten Fruchtart und der Produktionstechnik ab. Während die Bedeutung der mineralischen Stickstoffdüngung häufig untersucht wurde, sind Informationen über die langfristigen Auswirkungen von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf die Energiebilanz nur begrenzt verfügbar. Jedoch könnten diese Angaben zu einer nachhaltigen Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme beitragen. Aus diesem Grunde erfolgten im Rahmen des OECD-Programmes "Co-Operative Research Program: Biological Resource Management for Sustainable Agricultural Systems" Berechnungen zum Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme und Fruchtfolgen auf den Energieinput und die Energieeffizienz von Mais und Sojabohne.

Material und Methoden

Grundlage für die Berechnungen ist ein Feldversuch, welcher von 1986 bis 2001 in der Nähe von Lincoln (NE, USA) durchgeführt wurde. Der Standort ist durch einen mittleren Jahresniederschlag von 708 mm und eine mittlere Jahrestemperatur von 19,9 °C charakterisiert. Der Prüffaktor Bodenbearbeitung beinhaltet die Stufen 'chisel plow' (C, Tiefgrubber), 'tandem disk' (D, Scheibenegge), 'moldboard plow' (P, Pflug), 'no-till' (NT, keine Bodenbearbeitung), 'ridge-till' (RT, Damm-Bodenbearbeitung) und 'subsoil tillage' (ST, Tiefenlockerer). Die Fruchtfolge wurde unterteilt in Monokulturen und Mais/Sojabohne- bzw. Sojabohne/Mais-Rotation. Die vorläufigen Berechnungen basieren auf den verschiedenen Produktionsverfahren unter Einbeziehung des methodischen Ansatzes von Hülsbergen et al. (2001).

Ergebnisse und Diskussion

Der gesamte fossile Energieinput und die Effizienz der Anbausysteme variierten sehr stark in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge (Tab. 1). Unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen wurde der niedrigste Energieinput für Sojabohne ohne Bodenbearbeitung nach Mais bestimmt ($4,30 \text{ GJ ha}^{-1}$), während Mais mit konventioneller Bodenbearbeitung, d.h. Pflug, in Monokultur den höchsten Bedarf aufwies ($14,5 \text{ GJ ha}^{-1}$). Der durch die Bodenbearbeitung bedingte Input nahm dabei in der Reihenfolge $\text{NT} < \text{D} < \text{RT} < \text{C} < \text{ST} < \text{P}$ zu. Im Vergleich der Fruchtarten war der Input für Sojabohne etwa um den Faktor drei niedriger als für Mais. Im Gegensatz

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D – 06108 Halle (Saale); gisa-wilhelmine.rathke@landw.uni-halle.de

** USDA-ARS, Department of Agronomy and Horticulture, University of Nebraska, 117 Keim Hall, Lincoln, NE 68583-0934, USA

zur Sojabohne bedurfte bei Mais der Anbau in Monokultur eines höheren Inputs als in der Fruchtfolge.

Für den Energieoutput wurden Werte zwischen 62,5 GJ ha⁻¹ für Sojabohne mit RT-Bodenbearbeitung in Monokultur und 114 GJ ha⁻¹ für gepflügten Mais nach Mais berechnet. Bedingt durch die Bodenbearbeitung stieg er von NT < C < D < RT < ST < P an. Während der Output von Mais nahezu unbeeinflusst von der Vorfrucht blieb, zeigte sich bei der Sojabohne ein deutlicher Vorteil zugunsten der Rotation mit Mais.

Zur Quantifizierung der Energieeffizienz werden die Parameter Energiegewinn, Energieintensität und Output/Input-Verhältnis herangezogen. Der niedrigste Energiegewinn wurde für Sojabohne mit RT-Bodenbearbeitung nach Sojabohne realisiert (56,7 GJ ha⁻¹), während Mais mit konventioneller Bodenbearbeitung und in Monokultur den höchsten Energiegewinn erbrachte (104 GJ ha⁻¹). Die Werte für die Energieintensität lagen zwischen 60,8 MJ GE⁻¹ und 552 MJ GE⁻¹. Dabei lag die Energieintensität für unbearbeiteten (NT) Mais nach Sojabohne deutlich niedriger als für Mais mit Scheibeneggen-Bearbeitung (D) nach Mais. Das Output/Input-Verhältnis wies eine Schwankungsbreite von 3,69 bis 23,6 auf. Dabei wurde das schlechteste Verhältnis für den gepflügten Sojabohnen-Bestand nach Sojabohne ermittelt. Das günstigste Output/Input-Verhältnis erbrachte in der Fruchtfolge mit Sojabohne stehender Mais ohne Bodenbearbeitung.

Tab. 1: Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme und Fruchtfolgen auf energetische Kennzahlen

Prüffaktor und Stufen	Energieinput	Energieoutput	Energiegewinn	Energieintensität	Output/Input-Verhältnis
Bodenbearbeitung					
NT	7,34 A	90,4 C	83,0 B	168,4 C	12,8 A
D	7,65 A	92,7 ABC	85,0 AB	168,6 C	12,6 AB
RT	7,69 A	93,1 ABC	85,4 AB	162,8 D	12,5 ABC
C	7,83 A	91,9 BC	84,0 AB	169,0 C	12,1 BC
ST	7,96 A	94,5 AB	86,6 AB	173,4 B	12,2 BC
P	8,72 A	96,1 A	87,4 A	183,6 A	11,2 D
Fruchtfolge					
Mais/Mais	9,72 a	107,5 a	97,8 a	172,0 b	11,4 c
Mais/Soja	8,00 b	105,7 a	97,7 a	160,4 b	13,3 a
Soja/Soja	5,93 c	63,8 c	57,8 c	203,7 a	11,4 c
Soja/Mais	7,80 a	95,4 b	87,6 b	147,7 c	12,9 b

Werte mit gleichem Buchstaben in einer Spalte und bei gleichem Prüffaktor unterscheiden sich nicht statistisch signifikant ($\alpha = 0,05$).

Danksagung

Dem OECD sei für die finanzielle Unterstützung des Forschungsaufenthaltes von G.-W. Rathke am USDA-ARS in Lincoln (NE, USA) gedankt.

Literatur

Hülsbergen, K.-J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., Diepenbrock, W., 2001: A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86, 303-321.

Photobiologische Verunkrautungsregulierung in Sommergerste

Ewa Adamiak & Jan Adamiak*

Einleitung

Ansichten zum Thema Wirksamkeit Photobiologischer Regelungen der Verunkrautung unterscheiden sich voneinander [Gerhards et al. 1993, Niemann 1996, Adamiak u. Adamiak 2003]. Dies regt zur Fortsetzung vergleichender Untersuchungen an verschiedenen klimatischen Bodenstandpunkten an. Zweck dieser Arbeit war es, diese Methode unter Bedingungen des nordöstlichen Polens beim Anbau von Sommergerste zu testen.

Material und Methode

Die Arbeit stellt Ergebnisse 3-jähriger (2002 – 2004) Forschungen dar, geführt im reinen Feldversuch in der Produktions- und Versuchsanstalt Bałcyny. Der Versuch wurde auf einem stark verunkrauteten Feld, auf mittlerem staubigem Fahlboden durchgeführt. Untersucht wurde der Einfluss der nächtlichen Bodenbearbeitung und Aussaat auf die Verunkrautung der Sommergerste zu 3 Zeitpunkten: 1- in der 3-4 Blätterphase; 2- zum Ende der Bestockungsphase; 3- in der Blüte. Zum 3. Termin wurde außer der Zahl der Unkräuter über auch die Lufttrockenmasse bestimmt. Die Versuche wurden auf konstanten Versuchspartzellen mit 0,25 m² Fläche in 8 Wiederholungen durchgeführt. Auf dem Kontrollobjekt wurden Bodenbearbeitung und die Saat tagsüber angestellt. Die nächtliche Bodenbearbeitung wurde auf zwei Objekten untersucht: Auf einem davon wurde vor dem Winter tief gepflügt, auf dem zweiten mit der Scheibenegge getellert. Im Frühjahr war die Bearbeitung des Bodens auf beiden Objekten gleich.

Ergebnisse und Diskussion

Nächtliche Bodenbearbeitung und Aussaat minimierten die Zahl der Unkräuter in der Sommergerste nur geringfügig (Tab.1). Etwas bessere Ergebnisse wurden auf dem vor dem Winter tief gepflügten Objekt erzielt (Reduktion 5,2%), und praktisch unbedeutende auf dem mit der Scheibenegge bearbeiteten Objekt (Reduktion 0,8%). Die höchsten Unterschiede wurden zur 1. Beobachtungsfrist festgestellt. Mit dem Fortschritt der Vegetation verwischten sich die Unterschiede dermaßen, dass zum dritten Beobachtungszeitpunkt die Menge der Unkräuter auf den nächtlich bearbeiteten Objekten höher lag als auf den bei Tage. Und die Zunahme der Verunkrautung war auf dem getellerten Objekt stärker. Gegenüber der Unkräutermenge wurde durch die nächtliche Bodenbearbeitung und Aussaat die Masse der Unkräuter herabgesetzt, wobei bessere Ergebnisse in dieser Hinsicht auf dem getellerten Objekt erlangt wurden. Die erzielte Verunkrautminderung ist wesentlich geringer von der von Gerhards et al. [1993] dargestellten und korrespondiert mit den Versuchen von Niemann [1996].

Von den in der Gerste vorherrschenden Unkräutergattungen hat das nächtliche Pflügen am wirksamsten die Entwicklung von *Galium aparine* und *Myosotis arvensis* gehemmt, ziemlich gut *Viola arvensis* und *Stellaria media*, schwach *Chenopodium album* und *Fumaria officinalis*. Neutral auf die Zeit der Bodenbearbeitung auf diesem Objekt erwiesen sich *Thlaspi arvense*, *Capsella bursa-pastoris* und *Polygonum convolvulus*. Auf dem vor dem Winter getellerten Objekt hat die nächtliche Boden-

* Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn

bearbeitung und Aussaat mengenmäßig wirksam die Menge *Galium aparine*, dann *Viola arvensis* und *Fumaria officinalis*, verhältnismäßig gut *Cirsium arvense*, *Lamium amplexicaule* und *Thlaspi arvense* gemindert, schwach dagegen *Myosotis arvensis*, *Polygonum convolvulus* und *Chenopodium album*. Beobachtet wurde, dass die nächtliche Bodenbearbeitung und Aussaat geradezu die Entwicklung solcher Gattungen, wie *Matricaria inodora*, *Poa annua* und *Veronica arvensis* stimulierten sowie zusätzlich nach dem Pflügen *Cirsium arvense* und dem Tellern *Capsella bursa-pastoris*. Unabhängig von der Zeit der Bearbeitung wurde eine stärkere Verunkrautung der Sommergerste auf dem vor dem Winter getellten Objekt festgestellt.

Tab. 1: Verunkrautung der Sommergerste, St. m⁻²

Versuchstermine	Pflugbodenbearbeitung			Scheibeneggebodenbearbeitung			**GD _(0,05)
	Tag (T)	Nacht (N)	N / T %	Tag (T)	Nacht (N)	N / T %	
1 Termin	289	259	89,6	310	286	92,2	I-21; II-u.D.
2 Termin	507	477	94,1	540	544	100,7	I-45; II-u.D.
3 Termin	291	294	101,0	265	278	104,9	I, II - u.D.
Mittel	362	343	94,8	372	369	99,2	I, II - u.D.
3 Termin*	41,0	34,8	84,9	58,2	43,1	74,1	I-7,1; II-4,9

* Trockenmasse g m²; ** I - Bodenbearbeitungsmethode (Pflug, Scheibenegge); II - Zeitpunkt der Bodenbearbeitung (Tag, Nacht); alle Interaktion I x II - u. D.

Tab. 2: Reaktion der dominanten Unkrautarten auf die nächtliche Bodenbearbeitung, St. m⁻² (Durchschnitt für drei Bewertungszeitpunkte)

Unkrautarten	Pflugbodenbearbeitung			Scheibeneggebodenbearbeitung		
	Tag(T)	Nacht (N)	N / T, %	Tag (T)	Nacht (N)	N / T, %
VIOAR	73,9	39,0	52,8	107,5	39,2	36,4
CHEAL	56,8	45,8	80,6	102,0	88,4	86,7
STEME	51,3	35,1	68,3	33,4	42,4	126,7
MATIN	49,6	64,8	130,8	35,4	73,1	206,1
VERAR	29,4	45,3	154,1	21,2	40,9	193,4
CAPBP	20,4	19,8	97,3	5,9	22,1	375,5
THLAR	18,9	19,2	101,5	16,4	9,5	57,8
POLCO	12,1	11,7	97,2	8,3	6,0	72,0
MYOAR	9,7	3,8	39,1	6,7	4,7	70,8
POAAN	9,7	36,2	372,6	3,1	29,1	952,7
LAMAM	4,8	4,7	97,7	5,0	2,4	47,8
GALAP	3,6	0,9	26,2	6,8	0,6	9,0
FUMOF	3,2	2,8	87,7	4,7	1,7	36,9
CIRAR	0,3	2,4	860,0	6,3	2,9	46,1
Gesamt Dominanten	343,7	331,6	-	362,7	363,1	-
Zahl Unkrautarten	37	32	-	32	27	-

Literatur

- Adamiak, E.; J. Adamiak 2003: Photobiologische Verunkrautungsregulierung im Winterweizen. Mitt Ges. Pflanzenbauwiss. 15: 294-295.
- Gerhards, R.; H. Klümper und W. Kühbauch 1993: Photobiologische Unkrautregulierung im landwirtschaftlichen Pflanzenbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 6: 261-264.
- Niemann, P. 1996: Unkrautbekämpfung durch Lichtausschluss während der Bodenbearbeitung. Z. Pfl. Krankheiten Pfl. Schutz, SH 15: 315-324.

Krankheitsbefall des Winterroggens in mehrjähriger Monokultur

Tomasz P. Kurowski¹, Ewa Adamiak¹ & Jan Adamiak²

Einleitung

Die Tradition des Anbaues und viele positive Eigenschaften, wie stabile Ertragslieferung, große Toleranz der nacheinander folgenden Aussaat und des ärmeren Bodens, relativ niedrige Anfälligkeit machen, dass der Roggen besondere Bedeutung in der Anbaustruktur in Polen hat (Kurowski 2002, Niewiadomski et al. 1980).

Vorliegende Untersuchungen setzen sich zum Ziel, den Einfluss der zwei Winterroggensorten in der zunehmenden Monokultur auf deren Gesundheit und Ertragslieferung bei vollem chemischem Schutz vor den Krankheiten festzustellen.

Material und Methoden

Untersucht wurden 2002-2004 zwei Winterroggensorten (Esprit und Warko), die in einem eng statischen Experiment angebaut worden sind in der Produktions- und Versuchsanstalt Bałcyny. Das Dreifaktorenexperiment in drei Wiederholungen – nach der Methode von verlostten Unterblöcken eingerichtet –, wurde auf mittelstaubigen Fahlboden durchgeführt. Verglichen wurden Roggenanbau in 35-37-jähriger Monokultur mit einer 6-Felder-Fruchtfolge (Kartoffeln – Hafer – Faserlein – Winterroggen – Ackerbohne – Wintertriticale) unter Bedingungen des Unterlassens des Schutzes von Krankheiten (K) und mit Schutz gegen Krankheiten (F). Zur Anwendung kamen folgende Fungizide: Alert 375 SC (Fusilazol + Karbendazym) beim Beginn des Schossen sowie Amistar 250 SC (Strobiluryn) zum Ende des Ährenschiebens.

Vor der Aussaat wurde das Saatgut mit dem Präparat Baytan Universal 19,5 WS gebeizt. Auf allen Feldern wurde die Unkrautbekämpfung mit dem Herbizid Cougar 600 SC (Diflufenikan + Izoproturon) durchgeführt.

Die Gesundheit der Blätter und Winterroggenähren wurden während der Milchreife bewertet. Die Intensität der Krankheiten an der Halmbasis wurde an Pflanzen geschätzt, die zwei Wochen vor der Ernte der Versuchsparzelle entnommen worden waren. Die Ergebnisse wurden in Form des Befallindex dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Während der Versuchsperiode sind aufgetreten: Blattfleckigkeit (*Rynchosporium secalis*), Schwarzrost (*Puccinia graminis*), Roggenbraunrost (*Puccinia recondita* f. sp. *recondita*), Halbruchkrankheit (*Pseudocercosprella herpotrichoides*) und Schwarzbeinigkeit (Pilzkomplex) – Tab.1.

Die höchste Intensität erreichten in beiden Systemen des Pflanzenbaus die Schwarzbeinigkeit und auch Halbruchkrankheit. Diese beiden Krankheiten und Schwarzrost haben Roggen stärker in Monokultur befallen. Roggenbraunrost hat dagegen stärker den in der Fruchtfolge stehenden Roggen befallen. Von den untersuchten Sorten Esprit zeigte größere Anfälligkeit auf Blattkrankheiten, Warko dagegen auf Schwarzbeinigkeit. Die angewandten Fungizide haben erfolgreich die Entwicklung der Assimilationsapparatkrankheiten gehemmt und auch wesentlich, aber im geringeren Maße haben sie die Verschlimmerung der Halmbasiskrankheiten eingeschränkt. Fungizide hemmten wirksam die Entwicklung von Blattkrankheiten mit

¹ Katedra Fitopatologii i Entomologii;

² Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Prawocheńskistr. 17, 10-720 Olsztyn

ähnlichem Ergebnis in der Fruchtfolge und in Monokultur sowie bei beiden Sorten. Die erzielten Ergebnisse stimmen nur teilweise mit den früheren Beiträgen von Kurowski (2002) und von Kurowski et al. (2003) überein.

Tab. 1: Verschlimmerung der Winterroggenkrankheiten (Befallindex in %)

Krankheit Pathogen	Sorten	Fruchtfolge			Monokultur			GD ^{**} _{0,05}
		K*	F*	Mittel	K	F	Mittel	
Blattfleckigkeit (<i>Rhynchosporium secalis</i>)	Esprit	36,3	8,3	22,3	33,7	13,0	23,3	I – u.D.
	Warko	18,7	4,7	11,7	13,7	6,7	10,2	II - 1,57
	Mittel	27,5	6,5	17,0	23,7	9,8	16,8	III - 1,22
Schwarzrost (<i>Puccinia graminis</i>)	Esprit	16,5	8,5	12,5	15,6	7,1	11,3	I - 1,22
	Warko	10,6	5,4	8,0	21,1	5,6	13,3	II - u.D.
	Mittel	13,5	6,9	10,2	18,3	6,3	12,3	III - 1,01
Roggenbraunrost (<i>Puccinia recondita</i> f. sp. <i>recondita</i>)	Esprit	46,3	0,5	23,4	32,3	3,3	17,8	I - 3,27
	Warko	5,8	0,8	3,3	3,7	0,0	1,8	II - 2,90
	Mittel	26,1	0,7	13,4	18,0	1,6	9,8	III - 2,19
Halmbruchkrankheit (<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>)	Esprit	37,3	40,0	38,7	51,3	43,7	47,5	I - 1,86
	Warko	37,3	33,0	35,1	54,3	54,3	54,3	II - u.D.
	Mittel	37,3	36,5	36,9	52,8	49,0	50,9	III - 1,60
Schwarzbeinigkeit (Pilzkomplex)	Esprit	65,0	49,3	57,2	69,3	54,3	61,8	I - 0,36
	Warko	67,3	50,7	59,0	72,0	64,0	68,0	II - 2,26
	Mittel	66,2	50,0	58,1	70,7	57,2	64,9	III - 1,96

*K - Kontrolle *F – Fungizide **I – Pflanzenfolge II – Sorte III – Fungizidschutzmaßnahmen
u.D. - unwesentliche Differenzen

Der Winterroggen hat in der Monokultur um 20% geringere Erträge gebracht, wobei ist die Reaktion bei beiden Sorten ähnlich (Tab.2). Die sorte Esprit ergab so in der Fruchtfolge als auch in Monokultur einen höheren (um 9,4%) Kornertrag. Nach Anwendung der Fungizide ist der Winterroggenertrag um 11% im Vergleich zu Kontrolle angestiegen. Auch in diesem Fall war die Reaktion beider Sorten ähnlich.

Tab. 2: Winterroggenertrag (in t/ha)

Sorten	Fruchtfolge			Monokultur			GD _(0,05)
	K	F	Mittel	K	F	Mittel	
Esprit	7,26	7,90	7,58	5,71	6,61	6,16	I - 0,20
Warko	6,69	7,34	7,02	5,34	5,74	5,54	II - 0,11
Mittel	6,98	7,62	7,30	5,52	6,18	5,85	III - 0,16

Erklärungen wie zu Tab. 1

Literatur

- Kurowski T. P. 2002: Studia nad chorobami podsuszkowymi zbóż uprawianych w wieloletnich monokulturach. Rozprawy i Monografie. Wyd. UWM Olsztyn: 5-86.
 Kurowski T. P., Adamiak E., Sargalski D. 2003: Wpływ systemu następstwa roślin oraz stosowania chemicznej ochrony na zdrowotność i plonowanie żyta. Progress in Plant Prot. 43 (2): 768-770.
 Niewiadomski W., Adamiak J., Zawiślak K. 1980: Tolerancja 9 ważniejszych gatunków uprawnych na wieloletni siew po sobie. Zesz. Nauk. ART. Olszt., Roln. 29: 111-120.

Overview over the development of a winter wheat - summer maize double cropping system in the Northern China Plain over the last two decades

Jochen Binder*, Simone Graeff*, Wilhelm Claupein*,
Ming Liu**, Minghong Dai** & Pu Wang**

Introduction

Today China has a population of about 1.3 billion people that conforms 22 % of the world population. However, China has only 7 % of the global arable land. Therefore, agriculture is an important component. One of the most important regions of agricultural production in China is the North China Plain (NCP) which has a total area of 350000 km². Considering China's total grain yield the NCP contributes approximately 41 % of wheat and 25 % of maize yield. The NCP comprises the alluvial plains of the Hai, Huai, and Yellow Rivers. The main soil type is a loam of aeolian origin (Li et al., 1990). Annual precipitation in the NCP ranges from 550 to 650 mm (50 to 75 % falls between July and September). Due to limited and variable precipitation, agricultural productivity is low without irrigation because the northern regions with two third of the farmland have only about 19 % of nation's usable water. To ensure the food supply for its population, China depends on irrigation water to produce and maintain 70 % of its grain yields (Zhang, 1999). Due to restricted land use rights farmers are not able to increase the size of their farms and expand cropping areas, thus ensuring food supply to the population. Therefore other solutions have to be found and implemented to ensure high grain yields and sustainability of cropping systems in the NCP.

Development in agriculture

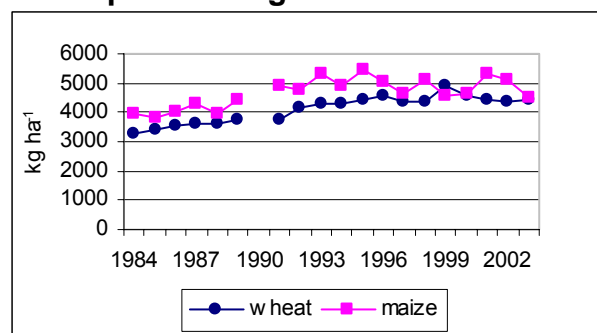


Fig. 1: Increase of wheat and maize yield [kg ha⁻¹] in the NCP from 1984 to 2003. (Source: China Statistics Yearbook)

To improve wheat and maize yields in the NCP, farmers practice a double cropping system of winter wheat and a summer crop (e.g. maize), planted directly after harvest of winter wheat. The yield per hectare for wheat has increased from 3.29 t ha⁻¹ in 1984 to 4.45 t ha⁻¹ in 2003 and the yield per hectare for maize has increased from 3.95 t ha⁻¹ to 4.48 t ha⁻¹ in 2003.

The increase in yield per hectare can be related mostly due to the increase of the key input factors water (Fig. 2) and chemical fertilizer (Fig. 3).

Consequences of the high level input

Many cereal growers used excessive amounts of water and nitrogen fertiliser. Due to the summer-dominant rainfall, more irrigation is applied during the growing period of winter wheat (Mc Vicar et al., 2000). This water is obtained from surface and groundwater systems at non-sustainable rates (Zhang et al., 1998). The irrigated area increased by 22 % from 1984 to 2003. In some areas the ground-water table

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstraße 23, Universität Hohenheim, Germany

** China Agricultural University, Beijing, China

level decreased. For example, in Feixiang county the groundwater table fell at a rate of 0.6 m per year in the 1980s and 1.3 m per year in the 1990s.

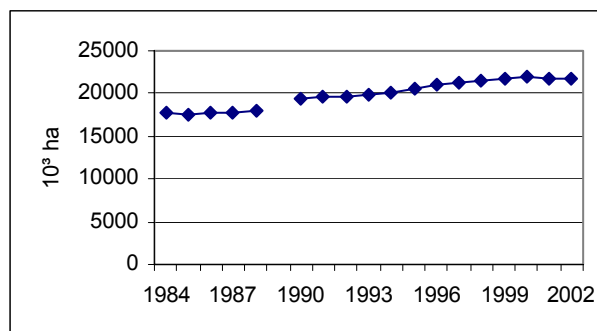


Fig. 2: Increase of the irrigated area in the NCP from 1984 to 2003.

(Source: China Statistics Yearbook)

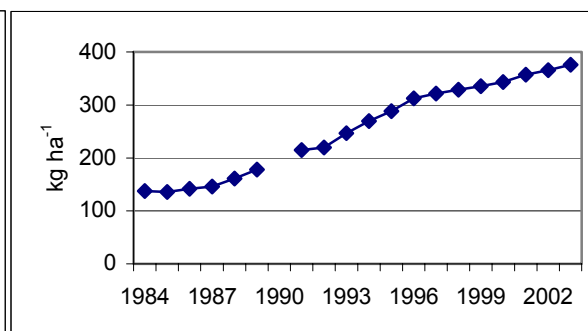


Fig. 3: Increase of fertilization [kg ha⁻¹] in the NCP from 1984 to 2003.

(Source: China Statistics Yearbook)

Extensive use of fertilizer is very common in the winter wheat-maize double cropping system. The total consumption of fertilizer in the NCP increased from 137.8 kg ha⁻¹ in 1984 to 375.6 kg ha⁻¹ in 2003. For example, in Beijing area the average N application rates range around 309 kg N ha⁻¹ for winter wheat and 256 kg N ha⁻¹ for maize (Zhao et al., 1997). The traditional approach was to throw the fertiliser on the ground and follow this with a lengthy period of flood irrigation. Large amounts of nitrogen and water were being wasted during plant growth under this approach. There were substantial atmospheric losses of nitrogen through ammonia volatilisation due to the application method. Additionally, over-watering increased nitrogen losses through leaching into the ground water-table. Böning-Zilkens (2004) showed in her experiment that a reduction of N-fertilisation by more than 50 % and a reduction in irrigation water up to 20 % are possible without a decrease in grain yield.

Summary

Water and fertiliser are not used efficiently and are applied in excessive quantities in the NCP. Application methods, rate of application and timing of inputs limit the effectiveness in raising plant yield. More efficient input use could potentially raise farmers incomes and reduce the environmental degradation.

References

- Böning-Zilkens, M.I. (2004): Comparative appraisal of different agronomic strategies in a winter wheat - summer maize double cropping system in the North China Plain with regard to their contribution to sustainability. Diss, Institute of Crop Production and Grassland Research, University of Hohenheim
- Li, K.R., Xu, S.Y., Guo, Q.Y. (1990): North China Plain: drought, flooding and climate (in Chinese). Science Press: Beijing
- Mc Vicar, T.R., Zhang, G., Bradford, A.S., Wang, H., Dawes, W.R., Zhang, L., Lingtao, L. (2000): Developing a spatial information system to monitor regional agricultural water use efficiency for Hebei Province on the North China Plain. CSIRO Land and Water: Canberra
- Zhang, H., Wang, X., You, M., Liu, C. (1999): Water-yield relations and water-use efficiency of winter wheat grown in the North China Plain. *Irrigation Science* **19**, 37-45
- Zhang, J., Sui, X., Li, B., Su, B., Li, J., Zhou, D. (1998): An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. *Field Crops Research* **59**, 91-98
- Zhao, J.R., Guo, Q., Guo, J.R., Wie, D.M., Wand, C.W., Liu, Y., Lin, K. (1997): Investigation and analysis on current status of chemical fertilizer inputs and crop yields in agricultural field of Beijing Suburb. *J. Beijing Agric. Sci.* **15** (2), 36-38 (in Chinese)

Auswirkungen unterschiedlicher Saatzeit bei Winterweizen auf Krankheitsbefall, Ertrag und Qualität

Clemens Krüpl*

Einleitung

In Österreich beginnt die Anbauzeit bei Winterweizen in der letzten Septemberdekade und endet Anfang Dezember (AGES 2005). Je früher der Saattermin, umso niedriger kann die Saatstärke gewählt werden, weil sich durch die verlängerte Vegetationsperiode leistungsfähigere Einzelpflanzen entwickeln. Verspätete Anbautermine können durch eine Erhöhung der Saatstärke nur bedingt ausgeglichen werden. Sortenunterschiede in der Saateitoleranz bzw. Spätsaatverträglichkeit existieren, sind wegen des hohen Versuchsaufwandes aber nur wenig bekannt.

Material und Methoden

In den Jahren 1998-2004 wurden 19 Winterweizenversuche im ostösterreichischen Trockengebiet (Großnondorf) und im Alpenvorland (Grabenegg und Lambach) mit je 3 Sorten (änderten sich während des Prüfzeitraumes) und 3 Saatzeitpunkten (früh – normal – spät) durchgeführt. Die Prüfglieder wurden 4-fach wiederholt, die Parzellenfläche betrug 10,0 m², die Drillreihenweite lag im Bereich von 10,0 bis 12,5 cm, ausgesät wurden 200 bis 500 keimfähige Körner/m² je nach Saattermin und Standort. Die Krankheitsbonituren erfolgten nach den Richtlinien des Bundesamtes (BUNDESAMT 2002) mit dem Notenschema 1 bis 9 (1 = kein Befall, 9 = sehr starker Befall). Die Qualitätsparameter wurden nach folgenden Methoden bestimmt: Rohproteingehalt nach Kjeldahl (bis 2003) bzw. Dumas (ab 2004), Fallzahl gemäß ICC-Standard Nr. 107.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Anbaugebieten zeigte sich, dass der Krankheitsbefall, die Ausnutzung der Winterfeuchte und das Unkrautaufreten in Zusammenhang mit der Saatzeit stehen. Der früh gesäte Winterweizen zeigte im Trockengebiet tendenziell mehr Braun- und Gelbrost, Mehltau und Blattseptoria (*S. nodorum*).

Tab. 1: Einfluss der Saatzeitvariation auf den Kornertrag, Bestandesdichte, Wuchshöhe und Qualität im Trockengebiet (Mittel aus 7 Versuchen 1998-2004)

Sorten: Capo, Furore, Ludwig, Saturnus, Renan

Saattermin	Saatstärke, keimf. Kö/m ²	Kornertrag		Bestan- des- dichte Ähren/m ²	Wuchs- höhe cm	1000- Korngew. g TS.	Hekto- litergew. kg	Roh- protein %	Fall- zahl sec.
		dt/ha	Rel.-%						
19.9.-29.9.	200-250	54,6	76	409	88,5	38,6	79,9	15,5	292
12.10-17.10.	300-350	71,5	100	494	92,1	40,5	82,3	15,0	297
27.10.-17.11.	450-500	65,3	91	479	89,3	39,7	82,1	15,1	298
ANOVA Signifikanz:		0,001	-	0,006	0,795	0,161	0,009	0,602	0,959

Die Viröse Gelbverzweigung dagegen schädigte signifikant (mittlere Differenz von früh zu normal bzw. spät nach Turkey-HSD: 3,47* bzw. 3,58* Boniturnoten). Dies

* Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstr. 191, A-1226 Wien.

zeigte sich im Kornertrag (OBERFORSTER 2002), der bei früherer Saatzeit um 24% zur Normalsaat signifikant abfiel. Im Trockengebiet ist daher im Gegensatz zu Ergebnissen aus Deutschland (Farack 2001) eine Frühsaat nicht zu empfehlen, wenn nicht durch eine insektizide Beizung (Wirkstoff „Imidacloprid“) der Virösen Gelbverzerrung vorgebeugt wird. Die Spätsaat brachte 9% unter der Normalsaat. Ährenschieben und Gelbreife wurden in früh und Normalsaat beinahe gleichzeitig erreicht. Die Spätsaat reifte dagegen tendenziell 3 Tage später ab. Trotz der erhöhten Saatstärke erreichte die Spätsaat geringere Bestandesdichten, aber auch die Frühsaat lag unter dem Normaltermin. Qualitativ zeigte sich ein signifikanter Abfall des Hektolitergewichtes in der Frühsaat. Die übrigen Parameter reagierten auf unterschiedliche Saatzeit nicht bedeutsam.

Im Alpenvorland traten zusätzlich zu den obigen Krankheiten Septoria tritici und DTR-Blattdürre in der frühen Variante vermehrt auf. Viröse Gelbverzwergung schädigte dort nicht. Eine verzögerte Entwicklung zeigte sich hier stärker als im Trockengebiet. So wurden die Ähren in der Frühsaat um 3 bzw. 7 Tage signifikant vor den beiden anderen Varianten geschoben und reiften um 2 bzw. 4 Tage früher ab. Weiters zeigte sich, dass die Halmlänge bei späterer Saat geringer wird. Ertraglich lag die Frühsaat nur 2 % unter der Normalsaat, die Spätsaat fiel mit -12% ab. Qualitative Veränderungen konnten statistisch nicht nachgewiesen werden.

Tab. 2: Einfluss der Saatzeitvariation auf den Kornertrag, Bestandesdichte, Wuchshöhe und Qualität im Alpenvorland (Mittel aus 12 Versuchen 1998-2004)

Sorten: Belmondo, Dekan, Ludwig, Optimus, Pegassos, Tambor

Saattermin	Saatstärke, keimf. Kö/m ²	Kornertrag		Bestandes- dichte Ähren/m ²	Wuchs- höhe cm	1000- Korngew. g TS.	Hekto- litergew. kg	Roh- protein %	Fall- zahl sec.
		dt/ha	Rel.-%						
23.9.-2.10.	200-250	78,4	98	525	102,8	38,6	79,7	12,5	303
8.10-21.10.	300-350	79,9	100	534	101,8	38,5	79,6	12,6	302
3.11.-21.11.	450-500	70,1	88	500	96,8	36,7	78,8	13,0	295
ANOVA Signifikanz:		0,000	-	0,222	0,044	0,118	0,185	0,160	0,753

Der Ertragsrückgang bei Spätsaaten ist durch die oft ungünstigen Bestellbedingungen im November erklärbar, dadurch sinkt der Feldaufgang. ROLOFF und WENTZEL (1989) nennen als weiteren Nachteil, dass spät angebaute Winterweizen mehr von der Brachfliege parasitiert werden als Saaten in der ersten Oktoberdekade.

Literatur

- Ages (Hrsg.), 2005: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2005. Schriftenreihe 21/2005, Wien.
- Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft (Hrsg.), 2002: Methoden für Saatgut und Sorten. Richtlinien für die Sortenprüfung. Schriftenreihe 59/2002 des BFL, Wien.
- Farack M., 2001: Einfluss von Saatzeit und Sortenwahl auf Reife und Ertrag von Winterweizen. In: Diepenbrock W. (Hrsg.): Gestaltung der Anbauverfahren landwirt. Kulturpflanzen. Shaker, Aachen.
- Oberforster M., 2002: Viröse Gelbverzwergung bei Wintergetreide in Österreich. 53. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. 99-106, Gumpenstein.
- Roloff, B und Th. Wentzel, 1989: Empfehlungen für die Überwachung und Prognose sowie für Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes gegen die Brachfliege (*Delia coarctata* (Fall.)) sowie auf die Ausprägung der Schadsymptome. Nachrichtenblatt Pflanzenschutz DDR 43, 11-13.

Germination ability of oilseed rape varieties under water stress conditions

Josef Holec, Josef Soukup & Petr Baranyk*

Introduction

Winter oilseed rape is regularly sown in late summer (mid August) when temperatures are still high. There is a high risk of draught in the soil, which can negatively influence seed germination and crop emergence. Even if oilseed rape is in Czech Republic typical crop for growing in higher altitudes and lowlands are not suitable for its production, it is produced also in lower warm regions not only due to its high concentration in crop rotations, but also for the purpose of certified seed production. As the response onto the water stress during the germination period differs between varieties, it is possible for the grower to choose proper variety according to the expected environmental conditions during critical period.

Another important issue related to germination ability under water stress conditions is rape seed persistence in the soil. Oil seed rape is one of the main crops, which can build persistent soil seed bank and consequently emerge in following crops as a volunteers. Seed persistence in soil is strongly related to the secondary dormancy, which is in oil seed rape mainly induced by higher temperature and water stress, resulting in imbibition but impossible germination. So we can expect that varieties that show high ability to germinate under water stress conditions can germinate after the harvest when the weather is dry, building weaker seed bank in the soil.

Materials and Methods

33 tested varieties of winter oilseed rape were provided by The Union of Oilseed Crops Growers and Processors (Czech Rep.). Each variety was tested in four replications, one sample contained 100 seeds. Samples were placed on Petri dishes (diam. 9 cm) with one layer of filter paper and 10 ml of Polyethylenglycol 5000 (PEG) solution. Different concentrations of PEG were used giving following osmotic potential: -0.2; -0.5; and -1.0 MPa (Michel & Kaufmann 1973). Petri dishes were wrapped into the foil and placed in laboratory conditions. germinating seeds were counted daily, germinates were taken off. The test was finished when no other seeds germinated. Using obtained data, total germination together with Kotowski coefficient of velocity (C_v) to describe germination velocity and uniformity (Bewley & Black 1983).

Results and Discussion

As expected, the differences between varieties raised as the osmotic potential decreased. The most variable results were obtained under water stress of -1.0 MPa. Following varieties were germinating in high rates (above 80%) and their C_v was higher than 30.0: Madrigal (the highest mean germination), Artus, Navajo, Laser, Baldur (the highest germination velocity and uniformity), Action, Slogan, Viking, Omaha, Catonic, Ramiro. These varieties are able to germinate under water stress conditions in sufficient numbers in a short time, giving good assumption for homogeneous crop cover. High germination rate with lower germination velocity was obtained by varieties Spirit, Orkan, Lisek, and Elf. The rest of tested varieties did not reach the levels mentioned above, as showed in table 1. Varieties which showed

* Czech University of Agriculture in Prague, Department of Agroecology and Biometeorology, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 – Suchbát, Czech Republic, e-mail: holec@af.czu.cz

good results are marked grey. As our results show, it is possible to choose proper oil-seed rape variety to minimise the risk of crop damage due to water stress during the germination period.

Tab. 1: Germinability (Av. /%/ = Average; SD = Standard deviation) and coefficients of velocity (C_V) of tested varieties under different conditions of water stress (osmotic potential used: -0.2; -0.5; and -1.5 MPa).

Osm. p.	-0.2 Mpa			-0.5 MPa			-1.0 MPa		
	Germin.	Av. /%/	SD	C_V	Av. /%/	SD	C_V	Av. /%/	SD	$C_V$
Action	95.3	2.68	70.8	92.5	2.87	60.0	92.5	1.66	39.0
Artus	97.8	0.83	80.7	97.0	1.58	80.2	94.8	1.48	41.0
Aviso	77.0	1.58	33.0	75.8	2.05	29.5	48.0	4.24	21.6
Baldur	97.5	1.66	83.8	93.5	6.06	84.6	93.0	4.30	46.0
Bristol	97.3	0.83	42.4	93.8	2.95	34.1	63.8	9.15	25.4
Cancan	83.3	9.55	33.3	87.5	4.15	33.0	37.8	12.30	22.0
Cando	89.0	7.65	40.1	81.5	3.28	32.7	52.0	4.85	22.3
Capitol	92.8	2.17	60.9	92.0	3.39	49.7	69.5	7.76	30.5
Catonic	97.3	2.38	64.0	95.5	1.80	53.1	88.3	2.28	31.6
Elf	97.5	1.12	65.2	97.0	1.22	45.1	81.8	13.16	26.8
Executive	89.0	2.55	66.6	87.0	3.67	57.0	78.3	1.30	36.5
Extra	92.3	1.79	52.9	85.5	5.55	48.4	77.5	3.84	29.7
Jesper	80.0	3.08	59.5	79.3	2.28	52.2	74.3	3.11	33.7
Kapitan	91.8	3.27	39.3	63.8	9.04	32.3	64.3	4.97	25.1
Laser	96.8	1.48	77.5	96.5	1.80	72.4	93.5	3.35	41.5
Liprima	87.8	5.21	37.9	90.0	1.22	36.3	72.8	5.93	24.0
Lirajet	76.8	3.11	27.0	55.3	7.15	23.3	26.3	5.45	18.1
Lisek	95.8	1.09	50.2	92.5	1.50	44.1	83.0	5.61	27.0
Madrigal	96.8	3.11	79.0	96.8	1.48	76.5	97.3	2.05	43.8
Mohican	97.3	1.30	53.1	93.0	2.55	39.0	76.3	4.21	31.3
Navajo	98.8	2.28	78.0	94.3	1.48	66.1	93.8	1.79	36.7
Odila	90.3	4.32	41.8	85.3	5.12	34.7	57.5	5.89	21.8
Omaha	98.0	1.22	75.5	96.0	3.08	60.6	91.3	5.02	38.5
Ontario	71.3	2.59	44.8	79.8	6.38	33.2	58.8	10.43	22.8
Orkan	97.8	1.48	48.5	93.5	1.80	39.9	83.3	6.30	27.0
Pronto	91.3	4.55	47.6	89.5	0.50	40.9	67.8	7.05	27.3
Ramiro	96.0	2.12	62.8	94.3	3.34	51.2	85.0	3.00	34.0
Rasmus	88.5	5.72	32.9	86.3	7.22	30.3	54.0	14.54	22.9
Slogan	95.5	0.50	84.3	94.8	2.59	82.9	92.3	4.60	40.0
Space	83.8	2.59	56.3	77.5	2.29	48.3	55.3	6.53	30.0
Spirit	93.5	2.06	40.7	89.5	2.69	36.8	85.3	2.86	25.4
Vectra	88.3	5.26	68.6	76.8	6.26	50.9	65.8	4.66	32.1
Viking	96.8	1.79	71.3	92.3	2.05	59.8	91.8	2.28	38.9

References

- Bewley, J. D.; Black, M. (1983): Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol. 1. – Development, Germination, and Growth. Springer-Verlag, Berlin, 306 pp.
- Michel, B. E.; Kaufmann, M. R. (1973): The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51, 914-916.

Acknowledgement

The research was supported by the MSM 6046070901 and NAZV 1B53057 projects.

Keimverhalten von *Poa supina* (Schrad.) in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Keimungsbedingungen

Harald Laser, Wilhelm Opitz von Boberfeld & Rainer Albracht*

Einleitung

Den natürlichen Verbreitungsschwerpunkt von *Poa supina* bilden Ruderalstellen (Trittstellen und Lägerfluren) auf stickstoffreichen, sandigen oder reinen Lehm- und Tonböden und die Höhenverbreitung kann als collin bis subalpin bezeichnet werden (Lütke Entrup 1975a). Züchterisch findet die Grasart schon seit mehreren Jahrzehnten Beachtung (Lütke Entrup 1975b, Berner 1984) und wird vor allem aufgrund der relativ guten Verträglichkeit gegenüber Beschattung zunehmend in Rasenmischungen eingesetzt. Ziel dieser Laboruntersuchungen in Klimakammern ist die Klärung der Frage, wie sich das Keimverhalten von *Poa supina* mit zunehmendem Alter des Saatgutes verändert und wie sich verschiedene Umweltbedingungen auf die Keimergebnisse auswirken.

Material und Methoden

Innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von 28 Tagen wurden die Keimungsraten von Saatgut einer Rasensorte mit unterschiedlicher Lagerungsdauer unter variierten Umweltbedingungen ermittelt (Tab. 1). Die Wasserspannung wurde durch die Zugabe von Polyethylenglycol nach Michel & Kaufmann (1973) induziert. Zum Test der

Tab. 1: Varianten (mit 4 Wiederholungen)

FAKTOREN	STUFEN
1. Lagerungsdauer	1.1 2 Jahre
	1.2 4 Jahre
	1.3 6 Jahre
	1.4 8 Jahre
	1.5 10 Jahre
2. Licht	2.1 Licht
	2.2 Filter (= grüne Folie)
	2.3 Dunkelheit
3. Vorkühlen	3.1 ohne
	3.2 mit (= 10 Tage bei 3°C)
4. Medium	4.1 H ₂ O + Nitrat (= 0,2% KNO ₃)
	4.2 H ₂ O deionisiert, 0 hPa
	4.3 H ₂ O + PEG (= -2000 hPa, pF 3,3)

Dunkelkeimung wurden die Petrischalen in lichtundurchlässigen Kisten gelagert, bei den Varianten „Grünfilter“ wurde die Keimung unter einem Blätterdach simuliert, indem die Glasdeckel der Keimbehälter mit grüner Folie beklebt wurden (PPED = 17,0 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, R/FR = 0,1). Jeweils 20 Samen pro Petrischale wurden auf Filterpapier mit 2 ml Flüssigkeit befeuchtet. Die Klimaschränke waren auf eine Wechseltemperatur von 10/20° C eingestellt, wobei sich die niedrigere Temperatur für

die Dauer von acht Stunden zusammen mit Dunkelheit einstellte (= Nacht). Die Keimungsraten wurden mittels Varianzanalyse verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt, dass die Keimungsraten mit zunehmendem Alter des Saatgutes in der Regel abnehmen, wobei der stärkste Rückgang nach dem achten Jahr erfolgt. Eine Ausnahme bilden die nichtvorgekühlten Samen, die unter Filterbedingungen und Dunkelheit nach zwei- bzw. vierjähriger Lagerungsdauer häufig schlechter keimen als nach sechsjähriger. Die durchgeführte Varianzanalyse weist den Faktor Lagerungsdauer als wichtigste Varianzursache aus, aber auch die Interaktionen Lage-

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D.-35390 Gießen

rungsdauer x Licht sowie Lagerungsdauer x Licht x Vorkühlen sind signifikant. Offenbar macht sich in den ersten Jahren bei einem Teil der Samen unter Filterbedingungen oder Dunkelheit sekundäre Dormanz bemerkbar, die durch Vorkühlung und mit Einschränkung auch in Anwesenheit von Nitrat gebrochen wird. Bei Licht ist der Einfluss des Vorkühlens gering. Bei Belichtung keimen nach acht stets noch > 50%, nach zehn Jahren noch >75% der Samen. Der Faktor Licht ist die zweitwichtigste Varianzursache, gefolgt vom Faktor Medium. Die höhere Wasserspannung wirkt sich vor allem bei Dunkelheit deutlich negativ auf die Keimergebnisse aus. Bei Licht wird offenbar Trockenheit eher toleriert. *Poa supina* vermehrt sich stärker vegetativ und bildet anders als die verwandte Art *Poa annua*, von der zu jeder Jahreszeit samentragende Individuen zu finden sind, nur einmal im Jahr Samen aus. Unter ungünstigen Witterungsbedingungen können reife Samen in verschiedenen Jahren auch völlig ausbleiben. Unter diesen Bedingungen ist es vorteilhaft, wenn reife Samen über mehrere Jahre ihre Keimfähigkeit behalten. Den positiven Einfluss von Nitrat, besonders bei eingeschränkter Belichtung, und die bevorzugte, aber nicht ausschließliche Keimung bei Licht hat *Poa supina* mit *Poa annua* gemein (Ziron 2000). Jedoch zeigt *Poa annua* nicht unbedingt eine Reaktion auf Kältebehandlung, was auf die Ruderstrategie der einjährigen Art zurückzuführen ist. Die Untersuchungen zeigen, dass bei *Poa supina* die Vorkühlung sowohl bei relativ frischem als auch bei älterem Saatgut zur Reduzierung des Anlagerisikos beitragen kann.

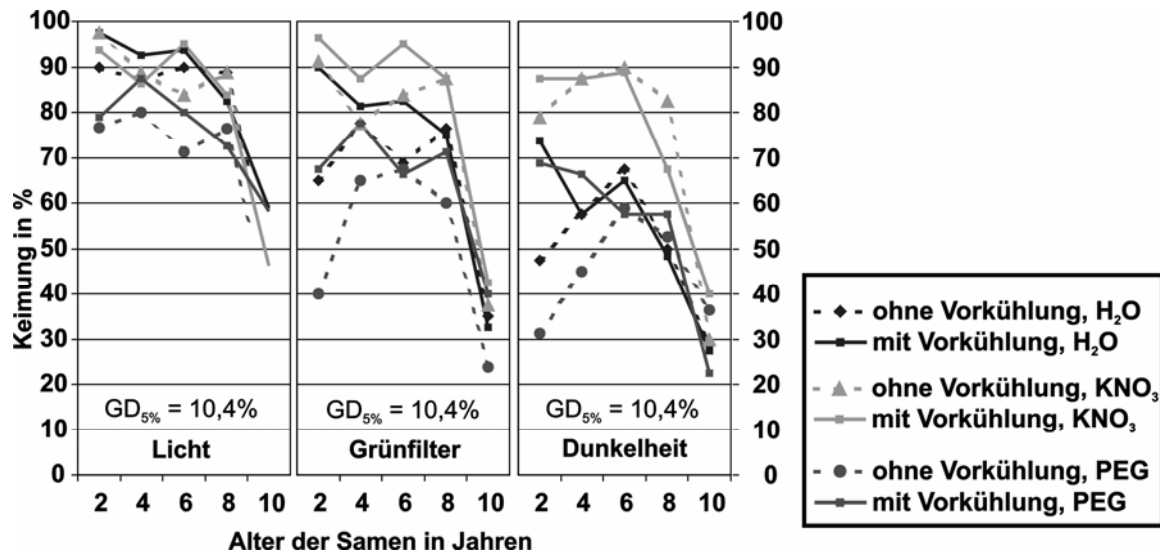


Abb. 1: Keimungsraten in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Umwelt

Literatur

- Berner, P. 1984: Entwicklung der Lägerrispe (*Poa supina* Schrad.) zum Rasengras. Rasen, Turf, Gazon 15: 3-6.
- Lütke Entrup, N. 1975a: Einige Hinweise zur Verbreitung, Systematik und Biologie von *Poa supina* Schrad. Rasen, Turf, Gazon 6: 378-392.
- Lütke Entrup, N. 1975b: Die Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung von *Poa supina* in Hinblick auf eine verbesserte Samentriebbildung. Diss. Bonn.
- Michel, B. E. & M. R. Kaufmann, 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.
- Ziron, C., 2000: Zum Keimverhalten ausgewählter *Plantaginetea majoris*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten. Diss. Gießen.

Keimfähigkeit von Sommerzwischenfrüchten bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit

Vaclav Brant, Karel Neckar, Martin Zamboch & Dagmar Hlavickova*

Einleitung

Die frühe Saatzeit von Sommerzwischenfrüchten hat positive Effekte auf die Produktion von Trockenmasse (Freyer, 2003), die Bodencharakteristik, Erosion sowie das Unkrautauflkommen. Für die gesamte Wachstumsdauer der Sommerzwischenfrüchte ist nicht nur die frühe Saatzeit wichtig, sondern auch eine schnelle Keimung der Samen nach der Aussaat. Die Wasserverhältnisse im Boden beeinflussen die Keimgeschwindigkeit der Samen von Sommerzwischenfrüchten in besonderem Maße. Die Samen von *Lolium multiflorum* und *Lolium perenne* haben bei einem Wasserpotential von -0,5 bis -1,0 MPa mehr als die Samen von *Brassica napus*, *Phacelia tanacetifolia* und *Trifolium subterraneum* gekeimt (Brant et al., 2005).

Material und Methoden

Im Jahr 2005 wurde der Einfluss des Wasserdefizits auf die Keimung von Sommerzwischenfrüchten beobachtet. In Laborversuchen wurde die Keimfähigkeit von *Lolium multiflorum* L. (Sorte Prolog), *Lolium perenne* L. (Lotar), *Phacelia tanacetifolia* Benth. (Vetrovska), *Brassica napus* L. (Bristol), *Sinapis alba* L. (Veronika), *Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers. (Ikarus), *Lupinus albus* L. (Oleška) und *Trifolium incarnatum* L. (Kardinal) bei unterschiedlichem Wasserpotential (-0,2; -0,5; -1,0 MPa) bestimmt. Wasserstress wurde durch Polyethylenglycol (PEG 6000) in unterschiedlichen Lösungen simuliert (Michel und Kaufmann, 1973). Die Kontrollvariante hatte ein Wasserpotential von 0 MPa (Wasser). Die Versuche hatten zwölf Wiederholungen. Die Keimfähigkeit wurde in Petrischalen geprüft (25 Samen je Petrischale). Der Keimtest wurde bei 20 °C und bei Licht (sechzehn Stunden pro Tag) durchgeführt. Die Beobachtung der Keimfähigkeit dauerte 21 Tage. Am Ende des Versuches wurde der prozentuale Anteil der keimenden Samen bei unterschiedlichem Wasserpotential bezogen auf die Anzahl der keimenden Samen im Wasser bestimmt.

Die statistische Auswertung wurde mit der Software Statgraphics® Plus, Version 4.0 durchgeführt. Benutzt wurde die ANOVA Methode mit Tukey HSD test ($\alpha = 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Am ersten Tag haben nur die Samen von *T. incarnatum*, *P. tanacetifolia*, *S. alba* und *R. sativus* bei einem Wasserpotential von -0,2 MPa gekeimt (Tab. 1). Zwei Tage nach dem Beginn des Keimtests keimten alle Samen von Sommerzwischenfrüchten bei -0,2 MPa, außer Samen von *L. albus*. Die Keimfähigkeit der Samen von *S. alba* (99,3 %), *P. tanacetifolia* (94,3 %), *R. sativus* (70,3 %) und *B. napus* (67,3 %) war bei einem Wasserpotential von 0 MPa (Wasser) gut. Die Keimfähigkeit von *L. perenne* und *L. multiflorum* im Wasser war niedrig (35,3 und 3,33 %). Am vierten Tag wurde die höchste Keimfähigkeit (Anteil der keimenden Samen bei unterschiedlichem Wasserpotential, bezogen auf die Anzahl der keimenden Samen in Wasser) bei den Samen von *L. perenne* und *T. incarnatum* festgestellt. Am achten Tag war die niedrigste Keimfähigkeit bei -0,2 MPa bei den Samen von *L. albus*. Die Unterschiede zwischen der Keimfähigkeit von *L. albus* und anderen Samen waren statistisch signifikant (Tab.

* Czech University of Agriculture, Faculty of Agrobiological Sciences, Department of Agroecology and Biometeorology, 165 21 Prague 6 – Suchbátarův Břez – CZ, brant@af.czu.cz

1). Die Keimfähigkeit der Samen von *L. multiflorum* (54,4 %) und *L. perenne* (43,2 %) war bei -0,5 MPa gegenüber anderen Samen höher. Bei dem Wasserpotential -1,0 MPa (achter Keimungstag) keimten die Samen von *L. perenne* (6,6 %), *S. alba* (2,7 %) und *L. multiflorum* (1,3 %) am höchsten. Am sechzehnten und zwanzigsten Tagen keimten bei einem Wasserpotential von -0,5 und -1,0 MPa am meisten die Samen von *L. multiflorum* und *L. perenne*. Die Unterschiede zwischen der Keimfähigkeit von *L. multiflorum* und *L. perenne* und der Keimfähigkeit von anderen Samen (außer *T. incarnatum*) waren bei -0,5 MPa statistisch signifikant (Tab. 1). Die Unterschiede der Keimfähigkeit (bei -1,0 MPa) zwischen Loliumarten und anderen Samen (außer *Sinapis alba*) waren statistisch signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Keimfähigkeit (%) der Samen von Sommerzwischenfrüchten bei Wasserpotential - 0,2; - 0,5 und -1,0 MPa (Keimfähigkeit im Wasser ist gleich 100 % gesetzt)

Pflanzenart	Keimungszeit (Tag)														
	1.			2.			8.			16.			20.		
	Wasserpotential (MPa)														
	-0,2	-0,2	-0,5	-0,2	-0,5	-1,0	-0,2	-0,5	-1,0	-0,2	-0,5	-1,0			
<i>L. perenne</i>	0	15	0	99	43	7	99	54	14	99	54	14			
<i>L. multiflor.</i>	0	25	0	90	54	1	92	73	10	94	71	10			
<i>B. napus</i>	0	26	0	60	16	0	62	19	0	64	19	0			
<i>P. tanacetif.</i>	22	74	0	86	16	0	86	17	0	86	17	0			
<i>S. alba</i>	1	53	0	89	20	3	90	21	3	90	21	3			
<i>R. sativus</i>	11	37	0	75	8	0	79	9	0	79	9	0			
<i>L. albus</i>	0	0	0	3	1	0	5	1	0	6	1	0			
<i>T. incarnat.</i>	23	85	2	96	28	1	97	31	1	97	31	1			
+/- GD ($\alpha = 0,05$)	17	38	2	20	27	5	18	28	8	17	27	8			

Die Samen von *P. tanacetifolia*, *B. napus*, *S. alba* und *R. sativus* können bei guten Wasserbedingungen im Boden sehr schnell keimen. Unter Bedingungen mit ausreichend Wasser werden diese Bestände schneller keimen als die Pflanzen von *L. multiflorum* und *L. perenne*. Bei der Wasserarmut aber werden diese Bestände schlecht aufgehen. Die Samen von *L. multiflorum*, *L. perenne* und *T. incarnatum* können gut bei einem Wasserpotential von -0,5 MPa keimen. Bei einem Wasserpotential von -1,0 MPa keimen die Samen von *L. multiflorum* und *L. perenne* schneller und können früher einen Pflanzenbestand in trockenen Gebieten bilden.

Arbeit entstand im Rahmen der Projekte MZe CR - QF 4167 und MSM 6046070901.

Literatur

- Brant, V.; K. Neckar; M. Zamboch und D. Hlavickova 2005: Klicivost semen vybranych strniskovych meziplodin v podminkach vodniho stresu. Konference: Vliv abiotických a biotických stresoru na vlastnosti rostlin 2005, VURV Praha a CZU v Praze: 60 – 64.
- Freyer, B. 2003: Fruchtfolgen, Ulmer: 230 S.
- Michel, B.E. und M.R., Kaufmann 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.

Secondary dormancy as effect of water deficiency stress in some annual oilseed crops

Dagmar Hlavičková¹, Sabine Gruber², Václav Brant³ & Wilhelm Claupein²

Introduction

As described for primarily dormant seeds, e.g. weed seeds, secondarily dormant seeds can persist in the soil and build up a soil seed bank. Volunteers emerging from the seed bank may affect the following crops in various ways, e.g. by competition or by transfer of rotation diseases. Apart from oilseed rape (*Brassica napus*), secondary dormancy of cruciferous oilseed crops is not yet examined well. Nevertheless, oilseed radish (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) and white mustard (*Sinapis alba*) are important catch crops, and Camelina (*Camelina sativa*), can be used as alternative oilseed crop in Organic Farming. The volunteer problematic may not be high in winter catch crops that generally set no seeds, but may be relevant in seed production areas. The aim of the study was to evaluate the capacity for secondary dormancy in several cruciferous oilseed crops.

Material and methods

Seeds of oilseed radish cv. 'Ikarus' from two provenances Teplá u Karlových Varů and Vrčeň, oilseed rape cvs. 'Express' and 'Smart', white mustard cv. 'Dr. Franck's Hohenheimer', and Camelina cvs. 'Lindo', 'Calena' and 'Ligena' were studied in laboratory experiments.

These seeds were exposed to osmotic stress in darkness for 2 weeks and then tested for their ability to germinate in darkness. Four replications of 100 seeds were spread in Petri dishes on filter paper soaked in 6 ml of a polyethylene glycol (PEG 6000) solution. To induce secondary dormancy, PEG solutions with water potential from -0.2 MPa to -3.0 MPa were used, calculated according to the equation of Michel and Kaufmann (1973). After the stress treatment, the seeds were transferred to Petri dishes with 6 ml of demineralised water on filter paper to allow all non-dormant seeds to germinate.

For treatments requiring total darkness, all manipulations were done under a dim green safety light. After two weeks, all non-germinated seeds were given for 7 days into a dormancy breaking treatment (30/3°C, 12 h /12 h).

Results and discussion

The results generally show two groups of species: white mustard seeds did not become dormant at all under the conditions tested, whereas seeds of oilseed rape, oilseed radish and Camelina germinated in water potentials from -0.2 to -1.0 MPa, but did not germinate in conditions from -1.5 to -3.0 MPa within 14 days. After the transfer to Petri dishes with adequate water content, a proportion a number of these seeds began to germinate and dormant seeds remained ungerminated. The speed of germination and number of dormant seeds differed by individual water potentials, species, cultivars and provenance (Table 1). An effect of cultivar and provenance on

¹⁾ Department of Forage Crops and Grassland Management, Czech University of Agriculture; Faculty of Agrobiolgy, Food and natural Resources, 16521 Prague

²⁾ University of Hohenheim, Institute for Crop Production and Grasslands, 70599 Stuttgart

³⁾ Department of Agrobiolgy and Biometeorology, Czech University of Agriculture; Faculty of Agrobiolgy, Food and natural Resources, 16521 Prague

secondary dormancy in seeds of oilseed rape has been previously shown by Gruber et al. (2004) and Holec et al. (2005).

Tab. 1: Proportion of dormant seeds (%) of four cruciferous oilseed crops after induction in different water potentials

Species	Cultivar or provenance	Water potential (MPa)						
		-0.2	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0
Oilseed radish	Teplá	0.0 e	1.0 de	2.2 cd	6.8 a	4.2 bc	5.5 ab	7.3 a
	Vrčeň	0.0 d	0.3 cd	1.5 bc	0.8 bcd	2.3 ab	2.1 ab	3.7 a
Oilseed rape	Smart	0.0 d	0.0 d	0.0 d	55.3 b	67.5 a	58.5 b	44.8 c
	Express	0.0 d	0.0 d	0.0 d	0.8 b	2.8 ab	5.0 a	1.3 b
Camelina	Lindo	0.0 c	0.0 c	0.3 c	1.1 c	20.0 ab	24.0 a	14.0 b
	Calena	0.0 d	0.0 d	0.0 d	3.0 c	13.0 a	7.2 b	2.1 c
	Ligena	0.0 e	0.0 e	0.3 de	1.9 cd	7.4 a	3.0 bc	5.7 ab
White mustard	Dr. Franck's Hohenheimer	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

a-d: Values within subsection of rows followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ (LSD)

The results show that secondary dormancy within the cruciferous family is not unique to oilseed rape. Water deficiency stress could be a main factor affecting dormancy induction in seeds of several oilseed crops. Seed lost during harvest can persist in the soil and be a serious problem for following crops. In Czech multiple cropping systems, the incidence of volunteer crops is now becoming an increasingly important issue, not only for farmers but also for breeders. Although these crops exhibit little or no primary dormancy, the absence of certain environmental conditions that promote germination of imbibed seeds induces secondary dormancy. For growing spring intercrops that can set seeds, cultivars with low seed persistence should be chosen to avoid the risk of seeds persisting in the soil.

The fact that secondary dormancy also can be observed in other oilseed crops than oilseed rape can promote further research to explain the onset and physiology of secondary dormancy.

The research was supported by the exchange student program Erasmus-Socrates in 2004/2005 in the framework of the project of NAZV No. QF 4167, and MSM 604607901, Czech Republic.

References

- Gruber, S.; C. Pekrun and W. Claupein 2004: Seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*): variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *Journal of Agricultural Science* 142: 29–40.
- Holec, J.; P.I. Dobrev; V. Brant, V.; P. Barany and J. Soukup 2005: Indukce osmodormance u semen ozimé řepky. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin, *Sborník příspěvků, VÚRV, Praha - Ruzyně* 11.5.2005: 109 -115.
- Michel, B.E. and M.R. Kaufmann 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology* 51: 914–916.

Untersuchungen zur Beziehung zwischen Keimfähigkeit und Feldaufgang bei Schmalblättriger Lupine (*Lupinus angustifolius* L.)

Dieter Trautz¹ & Manuel Hantke²

Einleitung

Mit der Züchtung der ersten bitterstoffarmen Blauen Lupinensorten (1997) hat der Anbau auf entsprechenden Standorten stetig zugenommen. Aufgrund der hohen Saatgutkosten spielt die Keimfähigkeit eine wichtige Rolle (ERBE 2004). Gemäß den Vorschriften der ISTA (International Seed Testing Association) werden die Keimlinge in normal und anormal Gekeimte eingeteilt. Aus anormalen Keimlingen entwickeln sich auch unter günstigen Bedingungen im Boden keine zufrieden stellenden Pflanzen. Sie werden daher bei der Keimfähigkeit nicht berücksichtigt (ISTA 2004). In der landwirtschaftlichen Praxis wird dagegen häufig die Meinung vertreten, dass anormal gekeimte Lupinenpflanzen auch lebensfähig sind und ausreichende Pflanzenbestände bilden können. So sei der Feldaufgang oft höher als aufgrund der angegebenen Keimfähigkeit zu erwarten ist (ERBE 2004). Die vorliegenden Untersuchungen sollen zur Klärung der bestehenden Differenzen zwischen Saatgutlabor und Wirtschaft beitragen.

Material und Methoden

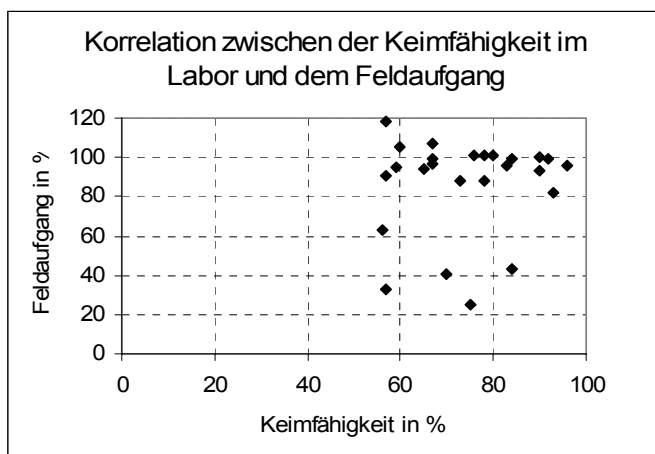
Am Standort der LFA Gülzow sind dazu im Jahr 2004 Versuche im Gewächshaus und Feld (IS–sL, AZ 30–35, 8,3°C, 542 mm) angelegt worden. Insgesamt 25 Saatgutpartien von fünf Sorten (Bolivio, Boltensia, Bora, Borweta, Boruta) der Schmalblättrigen oder Blauen Lupine (*Lupinus angustifolius* L.) wurden entsprechend der Keimfähigkeit (56 bis 96 Prozent) und Anzahl anormalen Samen aus den Anerkennungslisten der Erntejahre 2002 und 2003 selektiert. Der Aussaatversuch im Feld soll Aufschluss über die Übertragbarkeit der Laborwerte in die landwirtschaftliche Praxis geben. In Kleinparzellen wurden je 400 Körner der 25 Partien im Abstand von 5 cm ausgesät. Die Wirkung der Saatgutbehandlung auf die Aufgangszahlen sollte an zwei gebeizten Proben untersucht werden. Drei weitere Partien der Sorten Boltensia, Bora und Boruta wurden parallel im Gewächshaus ausgesät. Damit sollen die Auflaufergebnisse unter Laborbedingungen überprüft werden. Um darüber hinaus das Wachstum von normalen und anormalen Pflanzen beurteilen zu können, wurden für den Versuch in Töpfen entsprechend viele Lupinensamen der drei Sorten vorgekeimt, auf Mängel geprüft und in „normale“ und „anormale“ Keimlinge eingeteilt. Anschließend erfolgte die Abspflanzung von je 100 Pflanzen jeder Kategorie (N – normal, K – keimblattgeschädigt, W – wurzelgeschädigt) und Sorte in Töpfe. Die Höhe der Keimfähigkeiten wurde durch Auszählen und anschließendes Umrechnen ermittelt. Der Wachstumsverlauf der selektierten Pflanzen ist in Anlehnung an die „Stages of Lupin Development“ durch Auszählen der Blätter und Messen der Wuchshöhe beurteilt und mit dem Statistikprogramm SAS 8.2 ausgewertet worden.

¹⁾ Dieter Trautz, FG Umweltschonende Landbewirtschaftung, Fak. Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur, FH Osnabrück, 49090 Osnabrück, d.trautz@fh-osnabrueck.de

²⁾ Manuel Hantke, Amt für ländliche Räume, 24118 Kiel, Manuel.Hantke@pfs.ALK-KIEL.LANDSH.de

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuche haben gezeigt, dass die im Labor ermittelten Keimfähigkeitswerte mit den Aufgangszahlen im Feld und Gewächshaus gut übereinstimmen (Abb. 1). Bei fünf Proben wurden deutlich niedrigere Aufgänge als entsprechend der Keimfähigkeit erwartet festgestellt. Sie sind auf innere mechanische Beschädigungen, Austrocknung usw. der Samen und daraus erfolgter Abnahme der Keimfähigkeit zurückzuführen. Der Aussaatversuch im Gewächshaus und die Wiederholung der Triebkraftprüfung im Labor konnten diese Ergebnisse bestätigen. Durch die Beizung von zwei Partien konnte kein höherer Feldaufgang erzielt werden. Bei den Untersuchungen mit selektierten Keimlingen in Töpfen ergab sich ein weitaus differenzierteres Bild. Bereits beim Auspflanzen waren deutliche



Unterschiede zwischen den normalen Pflanzen und denen mit Keimblatt- oder Wurzelschädigungen sichtbar. Bis zum Ende des Versuches konnten die keimblatt- und wurzelgeschädigten Pflanzen die Entwicklungsniveaus der Normal-Varianten nicht erreichen. Am stärksten differierten die Ergebnisse der wurzelgeschädigten Lupinenpflanzen (Tab. 1). Sie treten bei der Prüfung der Keimfähigkeit neben Keimlingen ohne Sprossknospen am häufigsten auf.

Abb. 1: Vergleich von Keimfähigkeit und Feldaufgang bei den Partien des Feldversuches

Tab. 1: Anteil der hülsentragenden Lupinenpflanzen in Töpfen (Angaben in %)

Sorten	Kategorien		
	K	N	W
	"keimblattgeschädigt"	"normal"	"wurzelschädigt"
Boltensia (n=258)	81,4	93	27,3
Bora (n=299)	80,8	100	79
Boruta (n=281)	86,4	93	59

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Untersuchungsvorschriften der ISTA entgegen anders lautenden Vermutungen keine Mängel hinsichtlich der Übertragbarkeit der Keimfähigkeitswerte auf die landwirtschaftliche Praxis erkennen lassen. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass Partien mit mehr als 80 Prozent Keimfähigkeit in der Regel einen ausreichend sicheren und gleichmäßig hohen Feldaufgang erreichen.

Literatur

- ERBE, G. 2004: Leiter Landesankennungsstelle für Saat- und Pflanzgut Rostock, mündl. Mitteilung.
 DETHLOFF, H. 2004: Leiterin Fachgruppe Saatgut LUFA Rostock, mündl. Mitteilung.
 ISTA: International Rules for Seed Testing. Chapter 5: The Germination Test. Edition 2004/1. Bassersdorf, 2004.

Knochen im Boden und Nulltoleranz bei Futtermitteln

Christa Hoffmann¹⁾, K.-W. Becker²⁾, B. Meyer²⁾ & B. Märländer¹⁾

Einleitung

Im Herbst 2004 wurden in einzelnen Proben von Zuckerrübenmelasseschnitzeln geringste Spuren von Knochenfragmenten gefunden, so dass diese Pellets nicht mehr in der Fütterung verwendet werden durften. Als Folge der BSE-Krise wurde 2001 von der EU ein Verbot der Verfütterung von tierischen Proteinen an Wiederkäuer erlassen (Nulltoleranz: Anonym 2001 a, b). Damit soll im Sinne des vorbeugenden Verbraucherschutzes vermieden werden, dass es über die Futterkette zu einer Infektion mit Prionen mit Auswirkungen auf die Lebensmittelsicherheit kommt. Als Indikator für tierische Proteine werden Knochenfragmente angesehen, deren Nachweis nach EU Direktive mikroskopisch erfolgt.

Eine Beimischung von tierischen Proteinen bzw. Knochenteilchen kann aufgrund des Verarbeitungsprozesses der Zuckerrüben ausgeschlossen werden. Als Ursache dieser Funde konnte daher nur ein möglicher Eintrag über den Boden in Betracht kommen. Zuckerrüben weisen immer einen gewissen Erdanhang auf, da trotz sorgfältiger Wäsche Boden in der Wurzelrinne haften bleibt. Ziel dieser Untersuchungen war es zu klären, ob im Boden natürlicherweise Knochenreste vorkommen und somit Ursache für Knochenfunde in Zuckerrübenschnitzeln sein können.

Material und Methoden

Zu diesem Zweck wurden 192 Bodenproben aus typischen Zuckerrübenanbaugebieten in Deutschland untersucht (Rückstellproben aus dem EUF-Bodenlabor). Dies umfasste Böden mit unterschiedlichen Bodenarten und -typen, größtenteils Löss-, aber auch einigen Auenböden. Ferner waren 6 Proben aus einem Langzeitversuch einbezogen (Göttinger E-Feld). Der Boden stammt aus einem Feld, das früher vor den Toren Göttingens lag und intensiv mit Haus- und Wirtschaftsabfällen gedüngt wurde. Seit nachweislich 130 Jahren wurde dort keine organische Düngung ausgebracht.

Die offiziell anerkannte mikroskopische Methode für die Futtermitteluntersuchung zur Detektion von Knochenresten ist bisher nicht für Bodenanalysen validiert. Daher musste eine Methode zur Untersuchung von Böden entwickelt werden. Zu diesem Zweck wurden die Böden fraktioniert, um nur die Fraktion von 63 bis 200 µm (Feinsandfraktion) zu erhalten, in der Knochen anhand typischer Strukturen wie Lakunen und Knochenporen unter dem Mikroskop nachgewiesen werden können. Für jede Probe wurde ein Objektträger mit der Feinsandfraktion untersucht. Für die Quantifizierung wurden an einzelnen Proben jeweils 500 Körner ausgezählt. Der Anteil der Feinsandfraktion sowie der Anteil Knochenfragmente an der Feinsandfraktion wurden hochgerechnet (Trockenrohdichte des Bodens von 1,5 g cm⁻³).

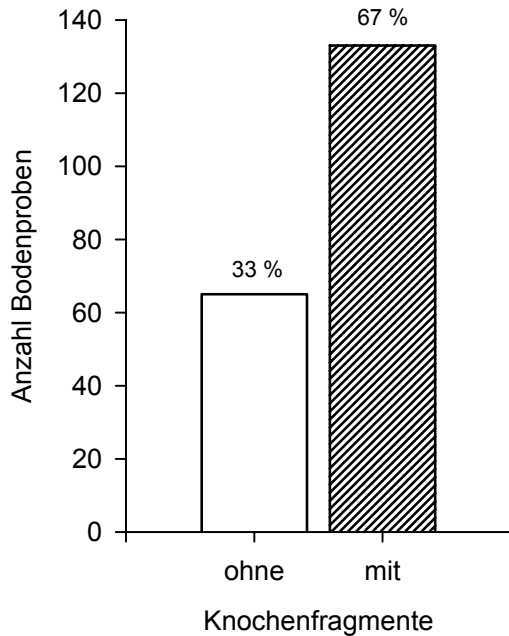
Ergebnisse und Diskussion

Durch die Fraktionierung des Bodens wurden nahezu 90 % der Substanz abgetrennt, so dass Knochenpartikel in der Feinsandfraktion gut zu identifizieren waren. Von 198 untersuchten Proben wiesen 133 (67 %) Knochenfragmente in der Feinsandfraktion

¹⁾ Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

²⁾ Institut für Bodenwissenschaften, Universität Göttingen, von Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

auf (Abb. 1). Bei einer Quantifizierung der Knochenfragmente zeigte sich, dass die Mengen erheblich variieren können. Es wurden im Extremfall bis zu 97 t ha^{-1} Knochenfragmente in der Feinsandfraktion gefunden.



Auch der Boden aus dem Göttinger E-Feld, der seit 1873 keinen Dünger erhalten hatte, wies noch Knochenreste auf.

Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass Knochenfragmente ubiquitär vorkommen und daher natürliche Bestandteile des Bodens sind. Diese können von verendeten Kleinsäugetern oder Vögeln sowie aus organischer Düngung stammen. Der Abbau von Knochen im Boden hängt wesentlich von pH-Wert, Ca-Lösungskonzentration, Feuchte, Temperatur und Durchlüftung des Bodens ab (Herrmann & Newsley 1982). In kalkfreien Böden und vermutlich besonders in Sandböden könnte ein schnellerer Abbau angenommen werden.

Abb. 1: Anzahl Bodenproben mit Knochenfragmenten, 198 Bodenproben, Lößböden und Auenlehme

Es ist somit wahrscheinlich, dass die in Zuckerrübenschnitzeln gefundenen Knochenfragmente aus dem Boden stammen. Als Konsequenz ist die Nulltoleranz für Wurzel- und Knollenfrüchte kritisch zu hinterfragen. Wegen des ubiquitären Vorkommens von Knochen im Boden werden unabhängig vom Einsatz von knochenhaltigen Düngemitteln mit hoher Wahrscheinlichkeit in allen Pflanzenteilen mit Bodenanhäufungen auch Knochenfragmente nachweisbar sein.

Literatur

- Anonym 2001 a: Verordnung (EG) Nr. 999/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2001 mit Vorschriften zur Verhütung, Kontrolle und Tilgung bestimmter transmissibler spongiformer Enzephalopathien. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 147/1 vom 31.5.2001
- Anonym 2001 b: Gesetz über das Verbot des Verfütterns, des innergemeinschaftlichen Verbringens und der Ausfuhr bestimmter Futtermittel (Verfütterungsverbotsgesetz - VerfVerbG). Neufassung vom 25. März 2001, Bundesgesetzblatt I Nr. 14, S. 463 vom 06. April 2001.
- Herrmann, B. & Newsley, H. 1982: Dekompositionsvorgänge des Knochens unter langer Liegezeit. 1. Die mineralische Phase. *Anthrop. Anz.* 40, 321-325.

Einfluss der Sorte und der N-Düngung auf die Wassernutzungseffizienz von Tabak

Holger Brück¹, Mehmet Senbayram² & Burkhard Sattelmacher¹

Einleitung

Der Anbau von orientalischem Tabak in der Türkei erfolgt unter Bedingungen geringen Nährstoffangebots und überwiegend ohne Bewässerung. Das ökonomisch eminent wichtige Ziel einer hohen Qualität des fermentierten Tabaks lässt sich nur realisieren, sofern eine geringe N-Verfügbarkeit des Bodens gewährleistet wird. Der Anbau erfolgt deshalb oftmals auf flachgründigen Hanglagen, teilweise wird der Unterboden in einer Tiefe von ca. 30 cm verdichtet, um die Nährstoffverfügbarkeit zu vermindern und eine rasche Erschöpfung der Bodenwasservorräte zu ermöglichen. Neben den Inhaltsstoffen sind vergleichsweise kleine, dicke Blätter mit geringen Chlorophyllgehalten qualitätsbestimmende Merkmale.

Vor diesem Hintergrund kann orientalischer Tabak als eine Kulturart eingestuft werden, die langfristig an Bedingungen geringer Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit angepasst ist. Im Rahmen von Gefäßversuchen wurde der Zusammenhang zwischen N-Angebot und Biomasse und Wassernutzungseffizienz (WUE) eingehender untersucht, da im Gegensatz zu anderen Produktionsrichtungen (z.B. flue-cured tobacco) keine Informationen über den Zusammenhang zwischen N-Düngung und Blattfläche, Blattdicke, N- und Chlorophyllgehalt sowie die WUE vorliegen.

Material und Methoden

In zwei Versuchen wurden zwei Sorten (Akhisar 97 und Izmir-Ozbas) in Gefäßen (2 Liter Volumen) auf einem Weisstorf-Perlit-Boden (70:20:10) Substrat bei Variation des N-Angebotes (6 bzw. 4 Stufen in Exp. 1 und 2) kultiviert. Der Wassergehalt wurde durch Wiegen der Töpfe und Zugabe von Nährlösung alle zwei Tage auf 55 % der maximalen Wasserhaltekapazität eingestellt. Die Nährlösungen enthielten 0.05, 0.5, 1, 2, 4 und 8 mmol N pro Liter (Exp. 1) bzw. 0.5, 2, 4 und 10 mmol N pro Liter (Exp. 2) und ausreichende Mengen an anderen Nährelementen. Die Ernte erfolgte 10 Tage nach dem sichtbaren Erscheinen der Blüte. Pflanzen wurden in Stengel, untere, mittlere und obere Blattschicht, sowie Wurzeln und Blütenstand getrennt. Die Blattflächen wurden mit dem Li-Cor 3100C gemessen. Die Bestimmung der spezifischen Blattfläche (SLA) erfolgte durch Messung der Blattfläche mit dem Blattflächenscanner ADC-100 und TrM, wobei die Hauptblattader entfernt wurde. Die agronomische WUE (g / L) wurde aus TrM und kumulativem Wasserverbrauch berechnet. Die Messung der Kohlenstoffisotopendiskriminanz (¹³C) erfolgte am Finnigan Massenspektrometer.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchen lag eine positive Korrelation zwischen Biomasse und WUE vor (Abb. 1). In Übereinstimmung mit einigen anderen Arbeiten bestand ein positiver Zusammenhang zwischen Biomasseproduktion und WUE. Entgegen der Annahme, daß die WUE von Pflanzen nur unter extremen Nährstoffmangel negativ beeinflusst wird,

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewaldt-Str. 2, 24118 Kiel

² Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ege University, Bornova / Izmir 35100, Turkey

zeigen die eigenen Ergebnisse eine klare Abstufung der WUE zwischen den sechs (Exp. 1) und vier (Exp. 2) N-Stufen, wobei die WUE mit steigendem N-Angebot erhöht war (Tab. 1).

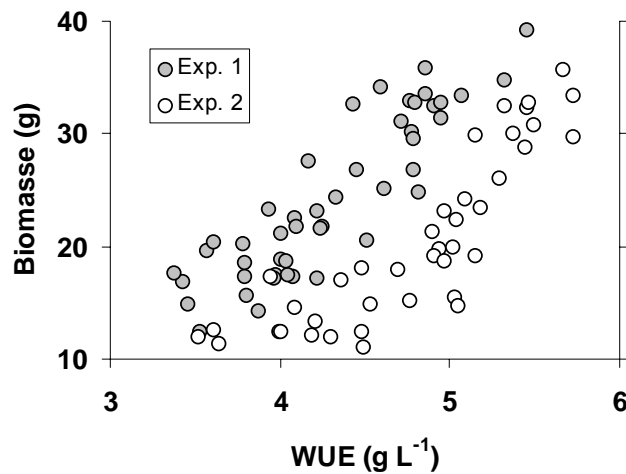


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Biomasse (g pro Pflanze zum Zeitpunkt Blüte) und agronomischer Wassernutzungseffizienz (WUE) von Tabak, der mit 6 (Exp. 1) bzw. 4 (Exp. 2) N-Stufen gedüngt wurde.

Tab. 1: Einfluss der N-Versorgung auf die agronomische WUE (g / L) in Exp. 1 (6 N-Stufen) und Exp. 2 (4 N-Stufen). Signifikante Unterschiede zwischen den N-Stufen sind durch Buchstaben gekennzeichnet.

	N1	N2	N3	N4	N5	N6
WUE	3.81c	3.89c	4.02bc	4.27b	4.79a	4.95a

	N1	N2	N3	N4
WUE	4.20d	4.65c	5.16b	5.66a

Die Kohlenstoff-Isotopendiskriminanz war ebenso signifikant durch das N-Angebot beeinflusst, allerdings zeigten sich für einige Organe (obere Blätter) keine, für Stängel und untere Blätter mäßige bis hoch signifikante Korrelationen mit der WUE. Weiterhin zeigte sich sehr deutliche Unterschiede in der Signatur zwischen den einzelnen Pflanzenorganen. Im Vergleich von geringem, mittlerem und hohem N-Angebot ergaben sich in beiden Versuchen signifikante Unterschiede in der intrinsischen Wassernutzungseffizienz (A/g), wobei A/g positiv mit dem spezifischen Blatt-N Gehalt korreliert. Als mögliche Ursachen für eine Variation der WUE werden sowohl Effekte der N-Versorgung auf die stomatäre Leitfähigkeit als auch auf morphologische Faktoren (Biomasse-Allokation) diskutiert.

N-Tester Datenbank – ein Hilfsmittel zur N-Empfehlung

Wolfgang Hofmair*

Einleitung

Der N-Tester ist ein von der AGES Wien und Linz auf die österreichischen Sorten und Standortverhältnisse geeichtes Chlorophyll-Messgerät. Der Chlorophyllgehalt als Indikator für den Ernährungszustand der Pflanze – dient somit der Bemessung des N-Bedarfes zum Schossen (EC 30/32) und zur Spätdüngung (EC 37/55), geeicht auf Basis von N-Steigerungsversuchen der AGES.

Material und Methoden

AMI Agrolinz Melamin International GmbH sammelt von vielen Gebieten Österreichs solche N-Tester Messergebnisse; gemessen und übermittelt werden die Daten vor Ort von Agrarhändlern, offiziellen und privaten Pflanzenbauberatern und auch von Landwirten. Interessierte Landwirte können diese Datenbank nutzen und abfragen, welcher N-Bedarf aktuell, vor Ort unter den spezifischen Standortbedingungen gemessenen wurde. Damit erhält der Landwirt mehr Sicherheit, wie es um die Stickstoff-Versorgung seines Wintergetreides steht. Auf Basis einzelner agronomischer Faktoren wie z.B. Intensität der Viehhaltung oder Vorfrucht, kann die Datenbank auf die spezifischen Verhältnisse des Betriebes heruntergebrochen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: N-Empfehlungen gemäß N-Tester nach Hauptproduktionsgebiet und Jahr

2005 Hauptproduktionsgebiet	Andüngung	Schossen	Ähre	Ertrag	RP
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg/ha	%
Alpenvorland	46	38	58	–*	–*
Nordöstliches Flach- und Hügelland	47	45	32	–*	–*
Südöstliches Flach- und Hügelland	60	66	–*	–*	–*
Durchschnitt	51	50	45		
2004 Hauptproduktionsgebiet	Andüngung	Schossen	Ähre	Ertrag	RP
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg/ha	%
Alpenvorland	50	43	41	7732	12,7
Nordöstliches Flach- und Hügelland	48	50	39	6902	13,7
Südöstliches Flach- und Hügelland	46	34	63	6719	14,4
Durchschnitt	48	42	48		
2003 Hauptproduktionsgebiet	Andüngung	Schossen	Ähre	Ertrag	RP
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg/ha	%
Alpenvorland	59	42	30	6776	13,7
Nordöstliches Flach- und Hügelland	59	34	26	5018	15,6
Südöstliches Flach- und Hügelland	61	11	36	–*	–*
Durchschnitt	60	29	31		

- Der N-Tester erkennt die Höhe der Andüngung; gemeinsam mit der Schossergabe liegt die Empfehlung über die Jahre bei 90 bis 100 kg N/ha.
- Die Ährengabe variiert gemäß Region und Jahr (Feuchteverhältnisse; trockene Verhältnisse halbieren die Empfehlung von 50 bis 60 auf ca. 30 kg N)

* AMI Agrolinz Melamine International GmbH

- Sehr hohe N-Tester Messwerte vor dem Ährenschieben (um 680) hatten Feuchtgebiete häufig niedrige Erträge zur Folge (DERSCH, 2004).
- Die Daten in der Datenbank sind plausibel und geeignet, das Empfehlungssystem zu adaptieren.
- Der Ertrag sollte bei der Bemessung der 3. N-Gabe zu berücksichtigt werden: Für Erträge über 8 t Qualitätsweizen mit einem Proteingehalt über 14% sind die Empfehlungen um etwa 30 kg zu erhöhen. (Empfehlung BFL 2002 ist auf etwa 6,5 t abgestellt) (DERSCH, 2004).

Literatur

DERSCH G. (2004): Datenpool N-Testerwerte 2004 (nur vollständige Datensätze); AGES WIEN, Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung

Quantifizierung der NH₃-Emission von Unkräutern nach Glufosinatapplikation

Remy Manderscheid, Stefan Schaaf & Marie Mattsson*

Einleitung

Die Wirkung des Herbizids Glufosinat beruht auf der Hemmung der NH₄-(Re)Assimilation (Manderscheid & Wild, 1986) und der damit verbundenen Photosyntheseinhibition durch den Anstieg der Glyoxylat- und Phosphoglycolatkonzentration im Blatt (Wild & Wendler, 1993). Gleichzeitig kommt es zu einer Ammoniumakkumulation im Pflanzengewebe. Ammonium-N kann von der Pflanze als NH₃ über die Stomata emittiert werden. Die Emissionsrate ist insbesondere abhängig von der Ammoniumkonzentration und dem pH-Wert im Blatt bzw. im Apoplasten (Husted & Schjoerring, 1996). In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, ob Pflanzen nach Herbizidbehandlung NH₃ emittieren und wie groß dieser N-Verlust aus dem Unkrautbestand ist. Dazu wurden im ersten Experiment der Verlauf der Ammoniumkonzentration und des pH-Wertes im Gesamtspross nach Herbizidbehandlung verfolgt. In einem zweiten Herbizidversuch wurden die gleichen Parameter im Apoplasten gemessen und damit der NH₃-Kompensationspunkt, d.h. die NH₃-Konzentration im Blattinnern, und die NH₃-Emissionsrate abgeschätzt.

Material und Methoden

Vier Unkrautarten (*Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Solanum nigrum*, *Tripleurospermum inodorum*) wurden im Gewächshaus angezogen und mit Glufosinat behandelt. Anschließend wurden bis zum völligen Absterben der Pflanzen Spross (Exp. 1) oder Blattproben (Exp. 2) genommen und auf pH-Wert, Ammoniumkonzentration, und Gesamtstickstoff (nur Exp. 1) untersucht. Mit Hilfe der im 2. Experiment gemessenen apoplastischen NH₄⁺- und H⁺-Konzentration wurde der NH₃-Kompensationspunkt und die NH₃-Emissionsrate mit einem SVAT-Modell berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Herbizidbehandlung führte in beiden Versuchen zu einem mehr oder weniger stetigen Anstieg der NH₄⁺-Konzentration und einer temporären Zunahme des pH-Wertes gefolgt von einem pH-Abfall. Für beide Meßgrößen waren deutliche interspezifische Differenzen zu erkennen, die sich im Konzentrationsverhältnis von NH₄⁺ zu H⁺ zeigten, das ein geeignetes Maß für das NH₃-Emissionspotential der Pflanze darstellt. Die Resultate für den wässrigen Sprossextrakt lieferten ähnliche interspezifische Differenzen. Danach ist das NH₃-Emissionspotential am höchsten für *Solanum* und am niedrigsten für *Chenopodium*. Der mit diesen Werten berechnete NH₃-Kompensationspunkt betrug in der Kontrolle ca. 1 µg NH₃ m⁻³ und stieg am ersten Tag nach Glufosinatapplikation bei allen Spezies auf ca. 70 µg NH₃ m⁻³ (Tab. 1). Angesichts einer Hintergrundkonzentration von ca. 1 µg NH₃ m⁻³ in Reinluftgebieten bedeutete dies, daß die Pflanzen bereits einen Tag nach der Behandlung NH₃ emittierten. Im weiteren Verlauf stieg der NH₃-Kompensationspunkt noch weiter an (*Solanum*) oder fiel wieder ab (*Chenopodium*). Die mit einem SVAT-Modell berechnete NH₃-Emission über den gesamten Absterbezeitraum des Bestandes reichte von 0.03 (*Chenopodium*) – 0.09 g (*Solanum*) NH₃-N pro m² Bodenfläche.

* Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Tab. 1: Stomatärer NH_3 -Kompensationspunkt vor und nach Glufosinatbehandlung.

Tage nach Behandl.	stomatärer NH_3 Kompensationspunkt ($\mu\text{g m}^{-3}$)				
	Kontrolle		Herbizidbehandlung		
	-1	6	1	4	6
<i>Chenopodium album</i>	0.9	1.6	70	15	4.1
<i>Solanum nigrum</i>	0.9	1.4	68	233	236
<i>Tripleurospermum i.</i>	0.2	1.3	70	104	73
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.1	0.3	75	103	22

Dies deckt sich mit den Daten vom ersten Versuch. Danach wurden infolge der Herbizidbehandlung je nach Spezies 17-44% des Gesamtstickstoffs der Pflanze in NH_4^+ -N überführt. Die Abnahme des Gesamt-N bei den C_3 -Spezies vom Zeitpunkt der Herbizidbehandlung bis zum endgültigen Absterben der Pflanze sowie die Abnahme der NH_4^+ -Konzentration gegen Versuchsende bei *Solanum* wiesen auf einen N-Verlust in der Größenordnung von ca. 10% bzw. 0,3 - 0,4 g N pro m^2 Bodenfläche (Tab. 2).

Tab. 2: Zeitlicher Verlauf des pflanzlichen Gesamt-N pro Bodenfläche und dem prozentualen Anteil des NH_4^+ -N am Gesamt-N vor und nach Glufosinatbehandlung (GB).

Spezies	Gesamt-N (g N m^{-2})		NH_4^+ -Anteil an Gesamt-N (%)			
	Tage nach GB		Tage nach GB			
	0	13-15	0	1	3-5	13-15
<i>Chen. a.</i>	2.75	2.40	0.9	11.4	12.5	17.4
<i>Solan. n.</i>	1.98	1.74	0.7	12.9	35.1	19.8
<i>Tripl. i.</i>	4.90	4.20	0.6	13.1	24.2	24.7
<i>Echin. c.</i>	5.41	6.55	0.8	13.0	33.4	44.2

Alle vier untersuchten Unkrautspezies emittierten bereits einen Tag nach der Herbizidbehandlung NH_3 , was auf einem raschen Anstieg der NH_4^+ -Konzentration und einem Abfall der H^+ -Konzentration im Apoplasten basierte. Teilweise wurden über 40% des gesamten pflanzlichen Stickstoffs in NH_4^+ -N umgewandelt (bei *Echinochloa*). Emittiert wurden jedoch nur ca. 10% des pflanzlichen N, da im weiteren Verlauf eine Ansäuerung einsetzte, die die NH_3 Emission reduzierte.

Bei einem Unkrautbestand mit einem LAI von 1 und einem N-Gehalt im Bestand von ca. 4 g m^{-2} bzw. 40 kg ha^{-1} ist eine N-Verlust von ca. 4 kg ha^{-1} unbedeutend für die N-Bilanz des Feldes, da die N-Düngung um ein vielfaches höher liegt. Die NH_3 -Emission in die Atmosphäre kann jedoch zu einer Luftverunreinigung in der Umgebung des behandelten Feldes führen.

Literatur

- Husted, S., Schjoerring, J.K., 1996. Ammonia flux between oilseed rape plants and the atmosphere in response to changes in leaf temperature, light intensity, and air humidity - Interactions with leaf conductance and apoplastic NH_4^+ and H^+ concentrations Plant Physiol. 112, 67-74.
- Manderscheid, R., Wild, A., 1986. Studies on the mechanism of inhibition by phosphinothricin of glutamine synthetase isolated from *Triticum aestivum* L. J. Plant Physiol. 123, 135-142.
- Wild, A., Wendler, C., 1993. Inhibitory action of glufosinate on photosynthesis Z. Naturforsch. 48c, 367-373.

Effekte unterschiedlicher Düngungsstrategien auf bodenphysikalische Parameter in einer Freilandgemüsebau-Anlage über 7 Jahre

Rita Kappert*

Einleitung

Insbesondere im intensiven Feldgemüsebau (in Österreich rd. 913.300 Hektar), der stark in die natürlichen Kreisläufe der Produktionsfaktoren Boden und Wasser eingebunden ist, besteht die Notwendigkeit zu nachhaltiger Bewirtschaftung. Eine Kennzahl von großer Bedeutung stellt die Wasserhaltekapazität dar. Sie beschreibt die Wassermenge, die eine Volumseinheit Boden entgegen der Schwerkraft zu halten vermag. In diesem Bodenwasser können Stoffe gelöst sein, die nicht adsorptiv festgehalten und nicht mikrobiell umgesetzt werden. Daher kann die Feldkapazität auch als ein Maß für die Fähigkeit des Bodens, die Verlagerung solcher Stoffe in den Unterboden zu verhindern (Bsp. NO_3) verstanden werden.

Der Versuchsanordnung liegt die Hypothese zugrunde, dass unterschiedliche Düngung und Anbauverfahren Fauna und Flora des Bodens unterschiedlich beeinflussen und von diesen unterschiedliche Effekte auf die bodenphysikalischen Eigenschaften induziert werden.

Material und Methoden

Im gartenbaulichen Versuchsgarten des Instituts wurden im Rahmen eines mehrjährigen gartenbaulichen Umstellungsversuchs verschiedene integriert-konventionelle und biologische Bewirtschaftungsstrategien in den Jahren 1998 bis 2005 durchgeführt. Der Boden wurde als Tschernosem über Donauschottern angesprochen, die Bodenart ist sandiger Lehm.

Die Versuchsanlage ist ein randomisierter Blockversuch bei vierfacher Wiederholung je Variante. Es wurden die Effekte von vier Düngerarten (Kompost, Stallmist, organischer Handelsdünger, konventioneller Handelsdünger) untersucht. Zusätzlich wurde die Variante „Nullparzelle“, „konventioneller Handelsdünger mit beziehungsweise ohne regelmäßige Herbizid-Applikation“ differenziert, sowie für alle vorgenannten Varianten die Variante „mit und ohne Winterbegrünung“ differenziert. Die Winterbegrünungs-Varianten wurden bis Anfang 2003 (Pflanzung der Erdbeerjungpflanzen) als solche betrieben. In Summe ergibt das 12 Varianten zu je vier Wiederholungen. Gedüngt wurde jeweils nach Bedarf, Leitwert war Stickstoff.

Die Bodenproben wurden jeweils im Frühjahr zwischen Februar und Mai gezogen (je nach Witterung). Aus den Mischproben des Ah-Horizonts pro Parzelle wurde die maximale Wasserhaltekapazität (Feldkapazität) mod. nach R. ÖHLINGER (in SCHINNER F, 1993) bestimmt. Die Dichte ist eine physikalische Eigenschaft eines Materials. Sie ist über das Verhältnis der Masse m eines Körpers zu seinem Volumen V definiert:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$$

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Dichte>). die Dichte sofort und nach 3 Stunden Wassersättigung und das Porenvolumen (rechnerisch) ermittelt. Die elektrische Leitfähigkeit

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Gregor-Mendel-Str. 3, A-1180 Wien

(EC) wurde mit einem Orion Conductivity Meter Model 125 und mit der dazugehörigen Leitfähigkeitselektrode in einer wässrigen Suspension 1:3 bestimmt.

Für die statistische Auswertung wurde SPSS 11.0 für Windows verwendet. Neben einer deskriptiven Analyse wurde die Homogenität der Varianzen überprüft, und mittels Student Newman Keuls Test (SNK) wurde ein Mittelwertvergleich vorgenommen ($\alpha=5\%$). Im Ergebnisteil werden nur die signifikanten Unterschiede dargestellt und diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion

1. zwischen den verschiedenen Varianten:

Die 12 Varianten konnten sich hinsichtlich ihrer Feldkapazität in der statistischen Verrechnung nicht unterscheiden. Dies zeigte sich in allen untersuchten Jahren.

Das Porenvolumen aller Varianten zeigt im Mittel der Jahre einen signifikanten Unterschied lediglich zwischen den Varianten organischer Handelsdünger (Höchstwert) und andererseits Stallmist mit Winterbegrünung, konventioneller Handelsdünger mit Winterbegrünung mit den niedrigsten Werten. Die elektrische Leitfähigkeit. (EC) der Böden zeigte zwischen den Parzellen Nullvariante (niedrigste Werte), Stallmist (Höchstwert) sowie Stallmist mit Winterbegrünung signifikante Unterschiede .

Die Dichte (Gewicht/Volumen) nach 3 Stunden Wassersättigung zeigte signifikanten Unterschied zwischen der Parzelle mit organischem Handelsdünger (Höchstwert) sowie niedrigsten Werten bei den beiden Stallmistvarianten, beiden Varianten konventioneller Handelsdünger, beiden Kompostvarianten, der Variante konventioneller Handelsdünger und Herbizid mit Winterbegrünung sowie der Nullvariante.

2. zwischen den Jahren:

Die Feldkapazität zeigt im Mittel aller Varianten einen signifikanten Abfall in den ersten 3 Jahren, um dann langsam, keinesfalls nachhaltig, wieder anzusteigen. Zuletzt (2005) wurde das Niveau von 1998 noch nicht wieder erreicht. Das Porenvolumen erreichte niedrigsten Stand 1999, und den Höchstwert 2004. Die Dichte erreichte den niedrigsten Wert 1999 und 2002, den höchsten Wert 2001; nach 3 Stunden Wassersättigung wurde 2001 der Höchstwert der Dichte erzielt, 2002 der niedrigste Wert. Da es sich auf der Versuchsfläche um einen Tschernosem relativ homogener Tiefe handelt, steht zu bedenken, dass dieser Bodentyp durch eine sehr lange Entwicklung optimale Eigenschaften hinsichtlich Nachlieferung von Nährstoffen, Wasserführung, und Durchlüftung hat. Bei einer Begutachtung der Parzellen mittels Bohrstock zeigte sich ein homogenes Erscheinungsbild von 80-100 cm Ah-Horizont. Dies könnte dazu führen, dass klimatische Faktoren stärker als anbauliche Faktoren die Ergebnisse beeinflussen. Weitere erhobene Parameter können die Ergebnisse absichern oder differenzieren. Geprüft wird u.a. etwa die Anwendung der elektrochemischen Parameter für die Standortbeurteilung.

Literatur

- HANKE B. (1986): Taschenbuch der Bewässerung, Wasser in der Pflanzenproduktion, 2. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- HEILMANN H. (2001): Die Qualität von Boden und Pflanze hängt zusammen; in: Ökologie & Landbau 117, 1/2001 S. 52f.
- HOME PAGE: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dichte>
- ÖHLINGER R. (1993): Bestimmung der maximalen Wasserkapazität im Laborversuch, in: SCHINNER F.; ÖHLINGER R., Kandeler E.; Margesin R. (Hrsg.): Bodenbiologische Arbeitsmethoden, 2. Auflage, Springer Verlag.

Einfluß unterschiedlicher N-Düngerformen und N-Düngungsverfahren auf den Kornertrag und die Kornqualität von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ammonium-Injektionsdüngung (Cultanverfahren)

Hermann, W. & Claupein, W.*

Einleitung

Extensivierungsprogramme, ökologische Vorgaben und ökonomische Rahmenbedingungen legen eine Reduzierung des N-Einsatzes im Getreidebau nahe. Neben Kornertragsseinbußen sind Minderungen der technologischen Kornqualität bei Backweizen zu erwarten. Vor diesem Hintergrund sollen zur Verfügung stehende N-Dünger und N-Düngungsverfahren überprüft und „neue“ Verfahren wie die Ammonium-Injektionsdüngung (Sommer 2000) hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Kornertrag und -qualität sowie auf ihre Umweltwirkung (Nitrataustrag) bewertet werden.

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2003/2004 wurde auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (500 m ü. N.N, 8,1°C, Ø 693 mm, tL) ein N-Düngungsversuch bei Winterweizen cv. Transit (Saattermin: 14.10.03) nach Vorfrucht Zuckerrüben mit folgenden Varianten durchgeführt:

Tab. 1: Düngungsvarianten

Variante	gesamt kg N/ha	Veget.- beginn kg N/ha	EC 31 kg N/ha	EC 37 kg N/ha	EC 51 kg N/ha
Kontrolle ohne N-Düngung	0	0	0	0	0
Cultan HAS ¹	186	0	186	0	0
Cultan HAS -20%	149	0	149	0	0
Cultan AHL ²	186	0	186	0	0
Cultan AHL -20%	149	0	149	0	0
HAS Oberflächendepot ³	186	0	186	0	0
HAS Oberflächendepot -20%	149	0	149	0	0
AHL Düse und Schleppschlauch	186	40	66	40	40
AHL Düse und Schleppschlauch -20%	149	32	53	32	32
Harnstoff ⁴	186	40	66	40	40
Harnstoff -20%	149	32	53	32	32
KAS ⁵	186	40	66	40	40
KAS -20%	149	32	53	32	32

1: HAS: Harnstoffammoniumsulfatlösung: 20% N; 14% Carbamid-N, 6% Ammonium-N, (Domamon[®])

2: AHL: Ammoniumnittratharnstofflösung 28% N; 14% Carbamid-N, 7% Nitrat-N, 7% Ammonium-N)

3: Oberflächendepot im Schleppschlauchverfahren mit Harnstoffammoniumsulfatlösung

4: Harnstoff: 46% N (gekörnt)

5: Kalkammonsalpeter: 27% N; 13,5% Nitrat-N, 13,5% Ammonium-N

Die Ammonium-Injektionsdüngung (Cultan) wurde mit Injektionsscharen der Fa. Kuhlentkamp realisiert. Beim diesem Verfahren wird auf eine Aufteilung der N-Gaben verzichtet; die einmalige Flüssigdüngergabe wird bei Bestockungsbeginn 3-4 cm tief in

* Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart; HermannW@uni-hohenheim.de

den Boden eingertzt, wobei ein N-Depot angelegt wird. Vergleichend hierzu wurde ein Oberflächendepot im Schleppschlauchverfahren angelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Art des verwendeten N-Düngers sowie das Düngeverfahren hatten einen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt im Korngut. Eine Verringerung der N-Düngung um 20% reduzierte im Mittel den Kornertrag bedingt durch eine verringerte Bestandesdichte signifikant um 5,5% (4,9 dt ha⁻¹). Gleichzeitig reduzierte sich der Rohproteingehalt im Korn von 12,3% auf 11,5%. Es bestand keine Wechselwirkung zwischen der Höhe der N-Düngung und dem Düngungsverfahren. Die Varianten mit Harnstoff- bzw. KAS-Düngung sowie die Cultan-Düngungsverfahren hatten signifikant höhere Kornerträge als die Varianten mit AHL-Düngung (Düse und Schleppschlauch) bzw. mit HAS-Oberflächendepot (Abb. 1).

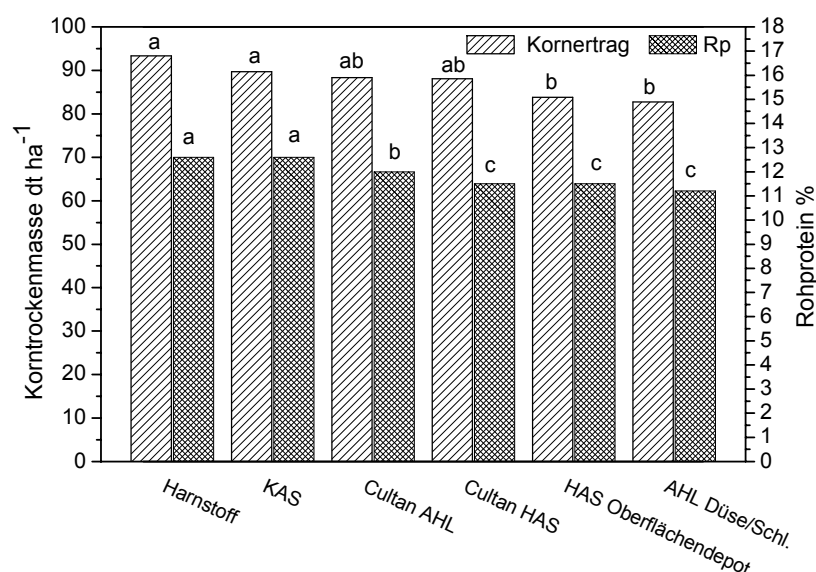


Abb. 1: Einfluss der N-Düngerform und des N-Düngungsverfahrens auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt im Korn bei Winterweizen cv. Transit

Die signifikant höchsten Rohproteingehalte resultierten nach Harnstoff- bzw. KAS-Düngung (12,6% Rp). Ohne N-Düngung wurden 52,3 dt ha⁻¹ Korntrockenmasse mit einem Rohproteingehalt von 8,4% geerntet. Bedingt durch die hohen Erträge wurden acht Wochen nach der Ernte (Mitte Oktober) unabhängig von der Düngungsvariante relativ niedrige Nitratgehalte im Boden gemessen (Σ 0-90 cm: 10-15 kg NO₃-N ha⁻¹).

Die einjährigen Ergebnisse ergaben, dass mit allen geprüften N-Düngern eine effiziente N-Düngung des Winterweizens möglich war, wobei mit Flüssigdüngern (AHL, HAS) im Vergleich zu KAS und Harnstoff nur bei Einbringung in den Boden (Cultan-Verfahren) vergleichbare Kornerträge erzielt wurden. Der Versuchsansatz wird fortgesetzt.

Literatur

K. Sommer, 2000: "CULTAN" Cropping System: Fundamentals, state of development and perspectives; In: Nitrogen in a sustainable ecosystem: from the cell to the plant. Edited by M.A. Martins-Loucao & S.H. Lips, pp. 361 – 375. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands

Beprobungsarme Abschätzung pflanzenbaulich wichtiger Bodeneigenschaften auf heterogenen Flächen am Beispiel des Tongehalts mit Hilfe zweier Messsysteme (eines Bodensensors der FH Osnabrück (Eigenentwicklung) und dem Messsystem EM38)

S. Hinck*, N. Emeis*, K. Müller* & O. Christen**

Einleitung

In der landwirtschaftlichen Produktion hat die Bodenart einen entscheidenden Einfluss auf die Anwendung pflanzenbaulicher Maßnahmen. Insbesondere der Tongehalt weist eine wichtige Speicherfunktion von Wasser und Nährstoffen auf. Eine schnell durchzuführende und beprobungsarme orts aufgelöste Bodenkartierung ist daher von entscheidender Bedeutung. Mit Hilfe des Bodensensorsystems der Fachhochschule Osnabrück wurden auf zwei Flächen entsprechende Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurden vergleichende Messungen mit dem Messsystem EM38 der Firma Geonics durchgeführt.

Material und Methoden

Das an der Fachhochschule Osnabrück entwickelte Messsystem kombiniert die Messung des komplexen elektrischen Leitwertes mit weiteren Messgrößen z.B. der Messung der Bodentemperatur. Die hier vorgestellten Messgrößen sind die elektrische Leitfähigkeit in Millisiemens (G_{mS}) und elektrische Kapazität in Pikofarad (C_{pF}) des Bodens, sowie die Bodentemperatur in Grad Celsius ($Btemp_C$). Durch Anbau an einem Traktor wurden dynamische Messungen ermöglicht. Die Messtiefe betrug 25 cm. Das EM38 ermittelt den scheinbaren elektrischen Leitwert ($G(V)_{mS}$) des Bodens. Dieses System wurde im vertikalen Modus geführt. Die Sensibilität des Geräts erreichte somit eine Messtiefe von bis zu 150 cm. Die gemessenen Daten werden mit Hilfe eines GPS-Empfängers georeferenziert.

Im Frühjahr 2005 wurden auf zwei Flächen der Fachhochschule Osnabrück Messungen durchgeführt. Diese weisen eine deutliche Heterogenität in der Verteilung der Bodenarten auf. Die Fläche „Im Berge“ wird ökologisch und die Fläche „Wellenkamp“ konventionell bewirtschaftet. Auf beiden Flächen wurden Bodenproben im 10m * 10m Raster entnommen. Im Labor wurden Bodenarten, organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org}) und die Nährelemente Phosphor gesamt (P_{gesamt}), Stickstoff gesamt (N_{gesamt}), Magnesium (Mg), pflanzenverfügbares Phosphor (P_{DL}) sowie Kalium (K_{DL}) ermittelt. Weiterhin lagen Ertragsdaten vor. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung, die Messergebnisse der Bodensensorsysteme und die Ertragsdaten wurden mit Hilfe des Pearsons Maßkorrelationskoeffizienten verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Tabelle 1 zeigt überwiegend eine positive, hohe und signifikante Korrelation zwischen Tongehalt und Nährelementen sowie C_{org} und Nährelementen. Auffällig ist die sehr geringe Korrelation auf der Fläche „Im Berge“ zwischen den Bodenarten und dem pflanzenverfügbaren Phosphor, allerdings bildet der C_{org} mit einer hohen Korrelation eine Ausnahme. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Bodenart und dem Ertrag kann auf diesen beiden Flächen nicht gezogen werden, es besteht eine

* Fachhochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49009 Osnabrück

** Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle/ Saale

geringe aber signifikante Korrelation. Allerdings ist das Vorzeichen der jeweiligen Korrelation auf den beiden Fläche unterschiedlich.

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten Bodenart/C_{org} und Nährelemente (Tiefe: 0 - 30 cm) sowie Ertrag für die Flächen „Wellenkamp“ und "Im Berge"

		Nährelement					
Fläche	Bodenart/ Kohlenstoff	P_gesamt	N_gesamt	Mg	P_DL	K_DL	Ø Ertrag
Wellenkamp	Sand	-0,8 **	-0,7 **	-0,7 **	-0,5 **	-0,7 **	0,5 **
	Schluff	0,7 **	0,7 **	0,6 **	0,4 **	0,6 **	-0,5 **
	Ton	0,8 **	0,7 **	0,7 **	0,5 **	0,7 **	-0,5 **
	C _{org}	0,7 **	0,8 **	0,4 **	0,6 **	0,4 **	0,4 **
Im Berge	Sand	-0,8 **	-0,7 **	-0,6 **	<0,1	-0,5 **	-0,4 **
	Schluff	0,7 **	0,7 **	0,6 **	0,1	0,4 **	0,4 **
	Ton	0,7 **	0,7 **	0,6 **	-0,1	0,5 **	0,4 **
	C _{org}	0,8 **	0,8 **	0,2 **	0,7 *	0,3 **	0,3 **

** Korrelation ist hoch signifikant (99% aller Werte); * Korrelation ist signifikant (95% aller Werte)

Die mit dem Bodensensor der Fachhochschule Osnabrück gemessene elektrische Leitfähigkeit und Kapazität des Bodens weisen einen deutlichen Zusammenhang zu den Bodenarten und zu C_{org} auf (s. Tab. 2). Es besteht auf der Fläche „Wellenkamp“ eine mittlere und signifikante Korrelationen und auf der Fläche „Im Berge“ eine hohe und signifikante Korrelation zwischen Messwerten und Bodenart. Diese Korrelationen waren durchweg höher als bei den vergleichsweise durchgeführten Messungen mit dem EM38-System. Die Bodentemperaturmessung brachte geringe Korrelationen.

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten Messsysteme und Bodenart/C_{org} (0 - 30 cm Tiefe für Bodensensor FH OS bzw. 30 – 60 cm Tiefe für EM 38) sowie Ertrag

		Messsystem			
Fläche	Bodenart/ Kohlenstoff	Bodensensor FH Osnabrück			EM 38
		G_mS	C_pF	Btemp_C	G(V)_mS
Wellenkamp	Sand	-0,6 **	0,5 **	0,2 *	-0,2 **
	Schluff	0,6 **	-0,5 **	-0,2 **	0,3 **
	Ton	0,6 **	-0,5 **	0,2 **	0,2
	C _{org}	0,4 **	-0,3 **	0,2 **	0,1
	Ø Ertrag	-0,2 *	<0,1	0,1	0,1
Im Berge	Sand	-0,8 **	0,8 **	0,1	-0,2 *
	Schluff	0,8 **	-0,7 **	-0,2 **	0,3 **
	Ton	0,8 **	-0,7 **	<0,1	0,4 **
	C _{org}	0,6 **	-0,5 **	-0,2 **	0,3 **
	Ø Ertrag	0,4 **	-0,4 **	-0,2 **	0,3 **

** Korrelation ist hoch signifikant (99% aller Werte);
* Korrelation ist signifikant (95% aller Werte)

Mit Hilfe der komplexen elektrischen Leitwertmessung ist es möglich auf den untersuchten Flächen eine Abschätzung der Tongehalte zu erhalten. Werden die Messdaten mit Hilfe eines GIS Programms visualisiert, lassen sich Teilflächen differenzieren. Diese können gezielt beprobt werden und bilden dann die Grundlage für Managemententscheidungen auf der Fläche.

Kritische Anmerkung zur Ermittlung des N-Bedarfs von Getreide mit optischen Sensoren

Erik Zillmann, Johanna Link, Simone Graeff & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Der optimale Stickstoffbedarf der Pflanzen variiert innerhalb eines Feldes in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften teilweise beträchtlich. Die teilflächenspezifisch optimierte Stickstoffdüngung entsprechend dem jeweiligen Ertragspotential verspricht eine erhöhte Stickstoffeffizienz und Verringerung von Umweltbeeinträchtigungen, insbesondere der Nitratauswaschung ins Grundwasser. Optische Sensoren, die während der Überfahrt die spektrale Reflektion des Bestandes räumlich differenziert erfassen, ermöglichen die Identifizierung von Stickstoffdefiziten und die entsprechende, direkte Steuerung der N-Gabe. Verschiedene Untersuchungen zeigten jedoch, dass die Nutzung dieser Sensortechnik zur Bestimmung des Stickstoffbedarfs von Getreide unter speziellen Feldbedingungen zu ungewollt hohen N-Rückständen im Boden nach der Ernte führen kann (Delin, 2005). Es besteht daher die Notwendigkeit eines differenzierten Umgangs mit dieser Technik, sofern die ertragslimitierenden Faktoren nicht bekannt sind.

Material und Methoden

Die zwei Versuchsfelder Mohren und Stockacker gehören zur universitären Versuchsstation Ihinger Hof (48° 44' N 8° 56' E, 693 mm, 8.1 °C). Sie zeichnen sich durch räumlich variierende Bodentextur und Durchwurzelungstiefen zwischen 30 und 80 cm aus. Die Felder waren in 2004 mit Triticale (*Triticosecale Wittm.*) bestellt. Die gesamte N-Gabe (KAS) wurde auf drei Termine aufgeteilt (N1 Vegetationsbeginn, N2 BBCH 30, N3 BBCH 49/55), wobei N2 und N3 variabel appliziert wurden (Tab. 1).

Tab. 1: Feldbeschreibung und durchschnittliche N-Düngegaben in 2004

Feld	ha	Fruchtart	Vorfrucht	N1	N2	N2	N3	N3
				[kg ha ⁻¹]	[kg ha ⁻¹]	CV%	[kg ha ⁻¹]	CV%
Mohren	10,8	Triticale	Gerste	39,0	54,4	12,5	31,0	26,1
Stockacker	4,1	Triticale	Winterraps	40,0	47,4	21,1	51,5	27,6

Die N-Menge wurde entsprechend den spektralen Messungen des N-Sensors (Link et al. 2002) variabel appliziert und lagegetreu aufgezeichnet. Die Düngestrategie für N2 und N3 folgte dem Konzept höherer N-Applikation in Regionen mit geringerem Pflanzenbestand und Chlorophyllgehalt. Die Ernte der Bestände erfolgte Mitte August mit einer automatischen Ertragserfassung. Basierend auf den Ertragskarten wurden N-Bilanzen im ArcMap[®] GIS berechnet, um Regionen mit überschüssigem N im Boden (N_s) aufzuzeigen. Die Bilanzierung erfolgte nach der Gleichung:

$$N_s = N_{MF} + N_{min} + N_D - N_p \quad (1)$$

wobei N_{MF} die applizierte Mineraldüngermenge (kg N ha⁻¹), N_{min} der gemessene mineralisierte N Gehalt des Bodens im Feldmittel (40 kg N ha⁻¹) und N_D die gemessene atmosphärische Deposition (19 kg N ha⁻¹) widerspiegeln. Der N-Entzug durch die Pflanze (N_p) wurde für das Korn mit 1,7 % im Feldmittel gemessen. Das Korn-Stroh-Verhältnis von 1,2 und der N-Gehalt des Strohs mit 0,5 % wurden nach Aufhammer (1998) ermittelt.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

Die in Abb. 1A und 2A dargestellten Ertragskarten zeigten eine erhebliche räumliche Variabilität innerhalb der Felder. Der Kornenertrag variierte auf dem Feld ‚Mohren‘ zwischen 46 und 90 kg ha⁻¹, auf Feld ‚Stockacker‘ zwischen 27 und 128 kg ha⁻¹.

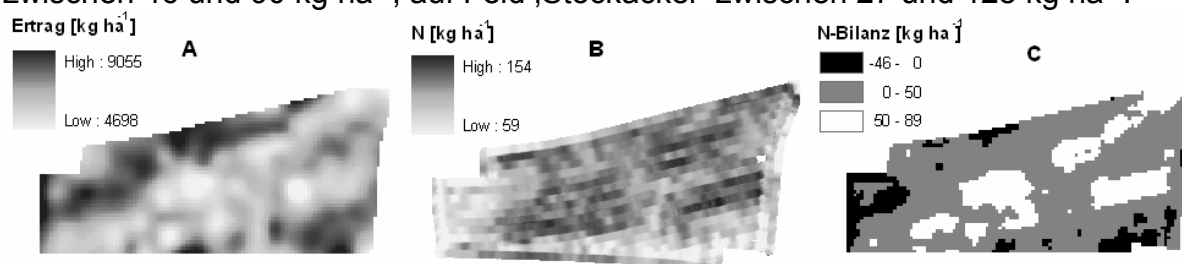


Abb. 1: Triticale-Ertragskartierung (A), Stickstoffapplikationskarte (B) und N-Bilanzkarte von Feld Mohren aus dem Jahr 2004.

Der Vergleich der Ertrags- (Abb. 1A, 2A) und N-Applikationskarte (Abb. 1B, 2B) ließ in beiden Feldern erkennen, dass insbesondere in ertragsschwachen Zonen erhöhte N-Gaben erfolgten. Diese Zonen wiesen demnach bereits zum Zeitpunkt der N-Applikationen geringere Biomasseentwicklung auf. Die zusätzliche N-Menge konnte nicht in höheren Ertrag umgesetzt werden, da N möglicherweise nicht der limitierende Faktor in diesen Bereichen war. Insbesondere für das Feld „Mohren“ lässt sich sagen, dass die ertragsschwachen Zonen mit geringerer Bodenmächtigkeit und erhöhtem Sandanteil zusammenfallen und die dadurch eingeschränkte Wasserversorgung möglicherweise zu Ertragsausfällen führte. Die N-Bilanzierung beider Felder (Abb. 1C, 2C) verdeutlichte, dass in den ertragsschwachen Zonen ein N-Überschuss im Boden die Folge war.

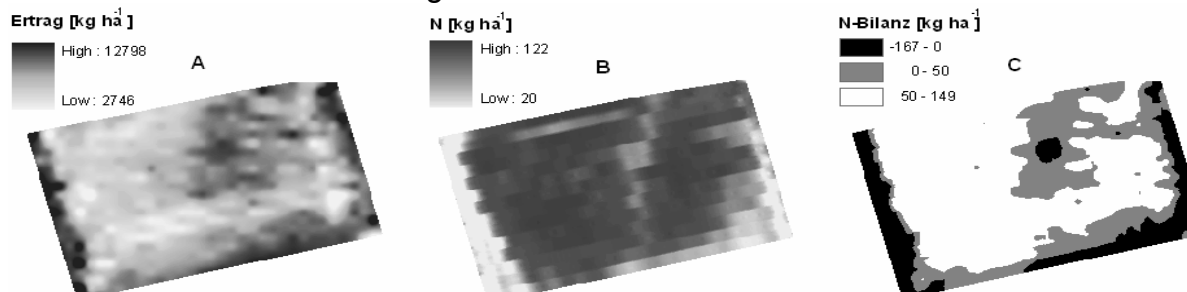


Abb. 2: Triticale-Ertragskartierung (A), Stickstoffapplikationskarte (B) und N-Bilanzkarte von Feld Stockacker aus dem Jahr 2004.

Die Ergebnisse der Studie haben gezeigt, dass die mittels optischer Sensorik erfasste farbliche Veränderung des Bestandes verschiedene Ursachen haben kann und nicht nur auf ein Stickstoffdefizit, sondern z. B. auch auf Wassermangel zurückzuführen ist. Sofern die ertraglimitierenden Faktoren innerhalb eines Feldes nicht bekannt sind, sollte daher die Anwendung optischer Sensoren zur Ermittlung des N-Bedarfs von Getreide entsprechend differenziert erfolgen.

Literatur

- Aufhammer, W. 1998: Getreide und andere Körnerfruchtarten. Stuttgart: Ulmer Verlag, 560p, ISBN 3-8252-8156-6.
- Delin, S. 2005: Site-specific Nitrogen Fertilization demand in Relation to Plant Available Soil Nitrogen and Water. Doctoral Thesis at the Swedish University of Agricultural Sciences; Skara; 2005.
- Link, A., Panitzki, M. & S. Reusch 2002: Hydro N-Sensor: Tractor-Mounted Remote Sensing for Variable N Fertilization. In: Proc. of the 6th Int. Conf. on Prec. Agric., Minneapolis, US, 1012-1018.

Charakterisierung des Stickstoffstatus von Winterweizen mittels laserinduzierter Chlorophyllfluoreszenz

Bernhard Limbrunner & Franz-Xaver Maidl*

Einleitung

Heterogene Schläge führen zu differenzierter Pflanzenentwicklung und erfordern deshalb eine entsprechend angepasste Bewirtschaftung. Bei der üblichen schlageinheitlichen Düngung werden ertragsschwache Teilschläge überdüngt bzw. ertragsstarke Standorte mit zu wenig Nährstoffen versorgt. Um auf diese Unterschiede möglichst zeitnah reagieren zu können wurden verschiedene Sensorsysteme entwickelt um den Nährstoffstatus der Pflanzen berührungslos zu erfassen. Im Folgenden werden zweijährige Ergebnisse der Messungen mit einem aktiven Messsystem bei Winterweizen vorgestellt.

Material und Methoden

In den Jahren 2004 und 2005 wurden in der Nähe von Freising verschiedene Parzellenversuche zu Winterweizen angelegt. In einem Sortenversuch standen fünf Sorten (Cortez, Flair, Orestis, Pegassos und Xanthos), die sich aufgrund ihrer Grünfärbung oder ihres Wuchstyps unterscheiden. Zusätzlich wurde die N-Düngung in 4 Stufen von 0 bis 220 kg N/ha variiert um so möglichst deutliche Unterschiede in der Stickstoffaufnahme und im Chlorophyllgehalt zu erreichen.

Zur Bestimmung des Biomasseaufwuchses, des N-Gehalts (nach Kjeldahl) und der N-Aufnahme wurden zu fünf Entwicklungsstadien (EC 30, EC 32, EC 37, EC 49 und EC 65) Pflanzenproben entnommen und entsprechend analysiert. Parallel dazu wurde ein aktiver Sensor eingesetzt, der nach dem Prinzip der laserinduzierten Chlorophyll-Fluoreszenz arbeitet (Lasersensor MiniVeg N der Fa. Fritzmeier, Großhelfendorf). Der Messwert dieses Sensors ist das Verhältnis des vom Chlorophyll emittierten Fluoreszenzlicht in den Wellenlängen 690 nm und 730 nm und wird als Ratio bezeichnet. Aufgrund der eigenen Anregungsquelle ist dieses Sensorsystem unabhängig von den Einstrahlungsbedingungen (Messung auch in der Nacht möglich). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch die Messung der Fluoreszenz keine Messfehler durch Mischsignale (z. B. Boden) entstehen und somit bereits kleine Pflanzen gemessen werden können.

Ergebnisse und Diskussion

In den Versuchen konnte bei allen Sorten eine steigende Stickstoffaufnahme durch sinkende Ratiowerte abgebildet werden (Abb. 1). Hierbei wurde eine hohe Messgenauigkeit aufgezeigt. So kann bereits eine Änderung der N-Aufnahme von etwa 5 kg N/ha durch die Ratio abgebildet werden. Des Weiteren ist zu sehen, dass sich unterschiedliche Sorten sowohl bei der N-Aufnahme als auch bei der Ratio ähnlich verhalten können. Ein Beispiel hierfür sind die Sorten Cortez und Flair (Abb. 1). Es können aber auch Sortenunterschiede auftreten wie der Vergleich der Sorten Orestis und Xanthos zeigt. Diese Sortenspezifität ist allerdings in frühen Entwicklungsstadien noch gering und verstärkt sich in späteren Entwicklungsphasen.

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Arbeitsgruppe Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

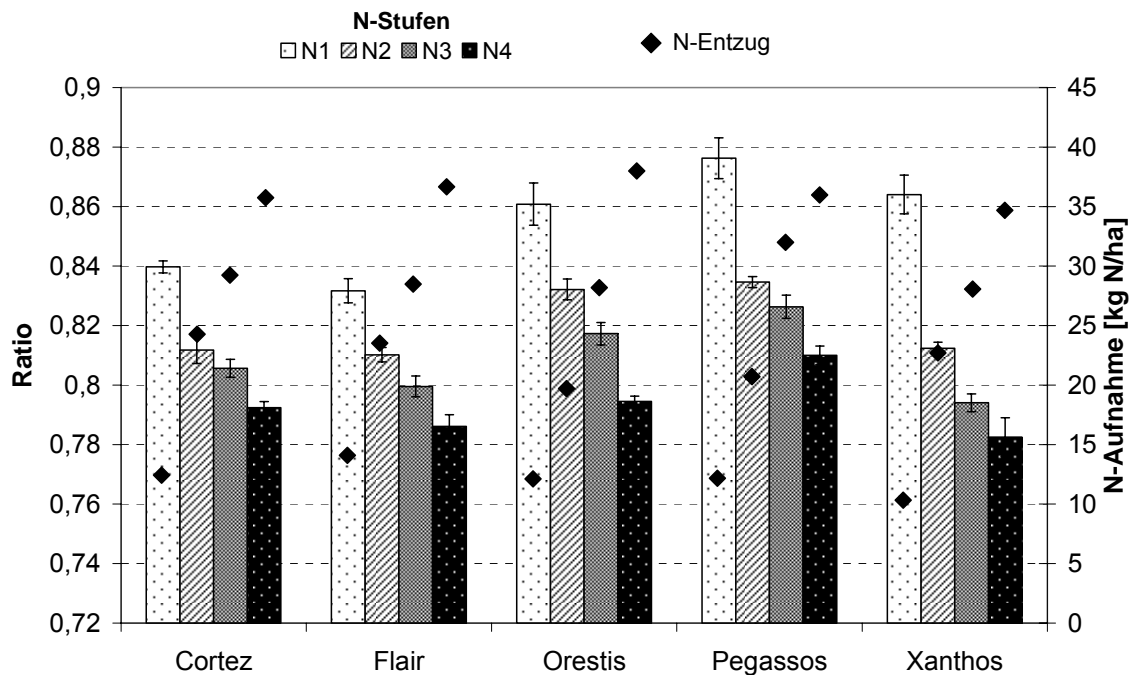


Abb. 1: Beziehung der N-Aufnahme zur Ratio bei unterschiedlichen Sorten (EC 30).

Aus Abb. 2 wird ferner die Sensitivität des Sensors deutlich. Bis EC 32 sind die Beträge der Änderung der Stickstoffaufnahme je Ratioänderung um die Einheit 0,1 auf dem gleichen Niveau. Ab EC 37 hingegen ändert sich dieses Niveau, d. h. die Steigung der Regressionsgeraden Ratio zu N-Aufnahme ändert sich im Vergleich zu den früheren Stadien. Dies erfordert entwicklungs-spezifische Regelkurven für die N-Applikation.

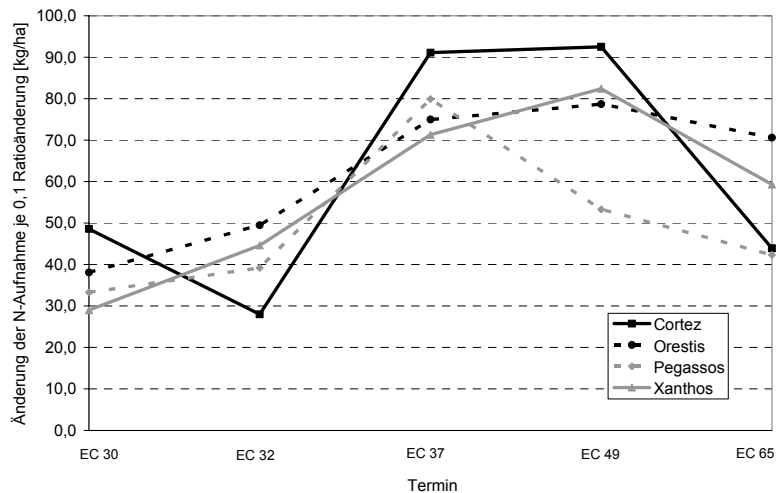


Abb. 2: Änderung der Stickstoffaufnahme je Änderung der Ratio um 0, 1 in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium.

Die erzielten Ergebnisse zeigen die Möglichkeit der Erfassung der N-Aufnahme von Winterweizen durch den Lasersensor MiniVeg N. Eine stadienspezifische Eichung ist jedoch notwendig. Zu späten Entwicklungsstadien kann eine Sortenspezifität zumindest nicht ausgeschlossen werden und muss weiter untersucht werden.

Einsatz von Nahsensorikmethoden zur Erfassung von Bestandeszuständen unter dem Einfluss von Pflanzenkrankheiten

Kerstin Gröll, Simone Graeff & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Seit den Anfängen der Landwirtschaft stellen Pflanzenkrankheiten eine Hauptursache für Ertrags- und Qualitätsverluste dar. Jährlich gehen ca. 30 % der Welternte allein durch biotische Schadursachen verloren. Die Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln hat die Bekämpfungsmöglichkeiten von Pflanzenkrankheiten erheblich verbessert, andererseits aber die Landwirtschaft mit ökologischen Problemen konfrontiert. Precision farming Technologien können den Einsatz von Fungiziden auf einzelnen Teilflächen reduzieren, da Schaderregerpopulationen häufig räumlichen Schwankungen unterliegen und in der Regel nicht homogen in einem Bestand verteilt sind. Grundlage für die technische Umsetzung eines teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes ist die Entwicklung von Sensoren zur Erfassung der räumlichen Verteilung von Pflanzenkrankheiten. Im Rahmen dieses Projektes soll eine Nahsensorikmethode zur Identifizierung und Quantifizierung von Pflanzenkrankheiten entwickelt werden. Die Komplexität verschiedener Pathogene einbeziehend, soll der Einfluss der Schaderreger *Erysiphe graminis* (Echter Mehltau), *Septoria tritici* (Blattdürre) und *Pseudocercospora herpotrichoides* (Halmbruch) als Vertreter dreier unterschiedlicher Erregerklassen auf die Reflexion von Winterweizen untersucht werden. Basierend auf bisherigen Studien ist davon auszugehen, dass sich die Reflexion der Pflanze erregerspezifisch ändert und eine eindeutige Identifizierung sowie Quantifizierung des Befalls ermöglicht wird.

Material und Methoden

In einem Feldversuch auf der Versuchsstation „Ihinger Hof“ der Universität Hohenheim sowie in Gewächshausversuchen an der Universität Hohenheim werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Vegetationsperiode Reflexionsmessungen an Weizenpflanzen durchgeführt. Die Reflexion wird zum einen mit einer digitalen LEICA S1 PRO Kamera und zum anderen mit dem Feldspektrometer Field Spec® Hand-Held durchgeführt. Bei der Reflexionsmessung wird die Reflexionsänderung, ausgelöst durch eine Pflanzenkrankheit, unter kontrollierten Lichtbedingungen gemessen. Hierzu werden Blatt-Scans in den Wellenlängenbereichen 380, 490, 510, 516, 540 und 600 nm sowie in den Infrarotbereichen 490, 510, 516, 540 und 600 IR durchgeführt. Die Blattscans werden am letzten voll entwickelten Blatt vorgenommen und anschließend mit der Software ADOPE® Photoshop 5.0 im L*a*b-Farbraum ausgewertet (CIE, 1986). Anhand der Parameter a* und b* soll im Laufe der Arbeit gezeigt werden, dass in selektierten Wellenlängenbereichen eine Pflanzenkrankheit eindeutig identifiziert werden kann, da sich die Reflexion spezifisch verändert. Das Feldspektrometer Field Spec® Hand Held ist in der Lage, im Spektrum von 325-1075 nm in 1 nm Abständen die Reflexion des Bestandes in 2 m Höhe aufzuzeichnen. Aus den in den Pflanzenbeständen ermittelten Reflexionsspektren können Spektralindizes berechnet werden, aus denen in weiterer Folge Schlüsse z.B. in Bezug auf Chlorophyllgehalt gezogen werden können.

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Zur Durchführung der Messungen wurden auf der Versuchsstation „Ihinger Hof“ der Universität Hohenheim drei Versuche als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Es wurde je ein Versuch mit den Krankheiten Erysiphe, Septoria und Pseudocerosporella künstlich inokuliert. Jeder Versuch hatte als Versuchsfaktoren die Winterweizensorten Monopol und Empire, sowie drei Inokulumstufen (Kontrolle = kein Inokulum, 50% Inokulum, 100% Inokulum). Zwischen den Parzellen der Sorten Monopol und Empire gleicher Inokulumstufe wurden Trennstreifen von 6 m bzw. von 10 m zwischen verschiedenen Inokulumstufen angelegt, um die Windverdriftung der Krankheiten einzuschränken.

Ergebnisse und Diskussion

Nach ersten Auswertungen ist eine Reflexionsänderung unter Krankheitsbefall sichtbar. Exemplarisch wird hier die Reflexionsänderung unter dem Krankheitsbefall *Septoria tritici* herausgegriffen. Betrachtet werden die Sorten Monopol und Empire in den Varianten 0 % Inokulum und 100 % Inokulum. Abbildung 1 zeigt die Reflexion aufgenommen mit dem Feldspektroradiometer Field Spec® Hand Held. In der Abbildung ist eine Reflexionsänderung bei Befall mit Septoria erkennbar. Abbildung 2 zeigt die Reflexion aufgenommen mit der digitalen LEICA S1 PRO Kamera. Auch hier ist eine Reflexionsänderung zu erkennen. Auch ist zu erkennen, dass die krankheitsanfällige Sorte Monopol stärker befallen war als die resistendere Sorte Empire, was sich in geringeren Reflexionsänderungen zeigte.

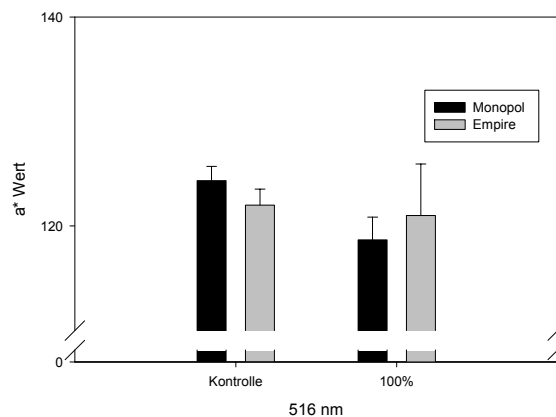
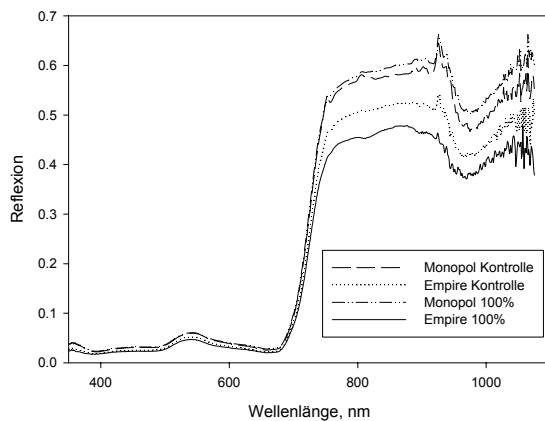


Abb. 1: Reflexionsänderung im Wellenlängenbereich 350-1075 nm unter Septoria Befall aufgenommen mit dem Field Spec® Hand Held

Abb. 2: Reflexionsänderung im Wellenlängenbereich 516 nm unter Septoriabefall aufgenommen mit der LEICA S1 PRO Kamera.

Nach den bisherigen Untersuchungen ist ein Erkennen der Krankheit *Septoria tritici* mittels den genannten sensorischen Methoden im Bestand möglich.

Literatur

CIE (1986). *Colorimetry*. 2nd ed. Publication CIE No. 15.2. Vienna: Commission Internationale de l'Éclairage

Entwicklung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngestrategie für Winterweizen mit Hilfe eines Wachstumsmodells

Johanna Link*, E. Zillmann*, Simone Graeff*, W.D. Batchelor** & W. Claupein*

Einleitung

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Weizenerträge innerhalb eines Feldes variieren. Aufgrund unterschiedlicher Ertragspotentiale innerhalb eines Feldes, können einheitlich ausgebrachte Stickstoff-Düngungen zu Über- bzw. Unterversorgung des Bestandes führen. Unterversorgung kann in Ertragsverlusten resultieren, wohingegen eine Überversorgung zu Nitratauswaschung führen kann. Es hat sich gezeigt, dass Pflanzenwachstumsmodelle ein geeignetes Werkzeug zur Entwicklung teilflächenspezifisch angepasster Düngestrategien sind.

Das Ziel dieser Studie war, das prozessorientierten Pflanzenwachstumsmodell APOLLO einzusetzen, um eine optimierte Stickstoff-Düngeempfehlung zu entwickeln, bei der Stickstoffverluste in Weizen vermindert und gleichzeitig das Einkommen des Landwirts gesichert werden soll.

Material und Methoden

Das Modell APOLLO (Batchelor et al., 2004) wurde eingesetzt um eine teilflächenspezifisch angepasste Stickstoff-Düngestrategie in Weizen zu entwickeln. Bevor das Modell für eine Düngeempfehlung eingesetzt werden kann, müssen vorgegebene Bodenparameter teilflächenspezifisch kalibriert werden.

Ein Feld mit heterogenen Bodeneigenschaften auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim wurde für diese Studie gewählt. Im Jahre 1993/94 wurde Weizen und in den Jahren 1997/98 und 2003/04 wurde Triticale auf diesem Feld angebaut. Um die räumliche Ertragsvariabilität dieses Feldes zu untersuchen, wurden 80 Grids mit Ausmaßen von jeweils 36 m² angelegt. In 2004 wurden Handernten für die einzelnen Grids durchgeführt. In den anderen Jahren wurde die Ertragsvariabilität innerhalb des Feldes anhand von Satellitenbildern mit der von Zillmann et al. (2005) beschriebenen Methode abgeschätzt.

APOLLO wurde anhand der Ertragsdaten aus den Jahren 1994, 1998 und 2004 kalibriert. Das so kalibrierte Modell wurde in einem weiteren Schritt eingesetzt um verschiedene Stickstoffdüngemengen (0-200 kg N ha⁻¹, in Schritten von 10 kg N ha⁻¹) für jedes Grid und unter Berücksichtigung langjähriger Witterungsdaten (1975-2004) berechnen und daraus die Düngeempfehlung zu entwickeln. Die Stickstoffdüngung wurde für jedes Grid dahingehend optimiert, dass der Nettogewinn (€ ha⁻¹) auf lange Sicht hin maximiert wurde. Der Nettogewinn wurde für jedes Grid in allen Jahren anhand der folgenden Gleichung [1] berechnet und über alle Jahre gemittelt:

$$NG_{n,t} = E_{n,t} * P_W - N_{n,t} * P_N \quad [1]$$

wobei $NG_{n,t}$ als Nettogewinn (€ ha⁻¹), $E_{n,t}$ als Weizenertrag (kg ha⁻¹), P_W als Preis für Weizen (0,10 € kg⁻¹), $N_{n,t}$ als applizierte Stickstoffmenge (kg N ha⁻¹) und P_N als Preis für Stickstoff (0,50 € kg⁻¹) definiert wurde, wobei n für das Grid und t für das Jahr steht.

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Ag. and Biosystems Engineering, 219b Davidson Hall, Iowa State University, Ames, IA 50011, US

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abb. 1 gezeigt, konnte eine gute Korrelation zwischen dem simulierten und dem gemessenen Ertrag in den Jahren 1994, 1998 und 2004 erzielt werden ($R^2 = 0,90$). Der durchschnittliche Weizenertrag über die Periode von 30 Jahren wurde mit 5416 kg ha^{-1} berechnet.

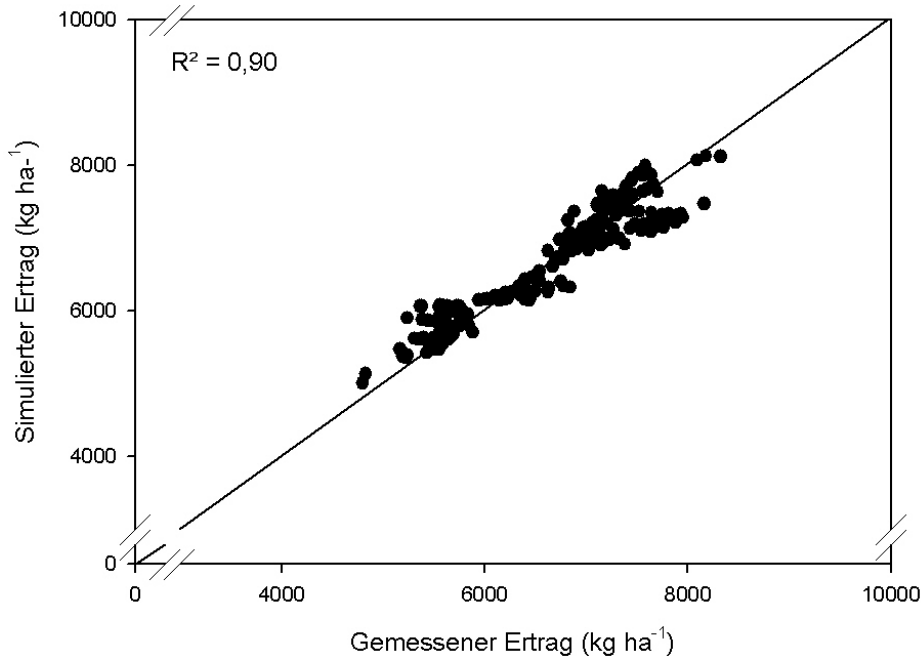


Abb. 1: Korrelation zwischen simuliertem und gemessenem Weizenertrag (kg ha^{-1}) in den Jahren 1994, 1998 und 2004.

Aufgrund von ermittelten Unterschieden von Bodeneigenschaften innerhalb des Feldes variierte die optimale Stickstoffmenge zwischen den einzelnen Grids. Um den langjährigen Nettogewinn zu maximieren, wurden auf dem Feld eine durchschnittliche Applikationsmenge von 143 kg N ha^{-1} ausgebracht. Zwischen den einzelnen Grids variierte die optimale Applikationsmenge zwischen 130 und 150 kg N ha^{-1} . Entsprechend lagen Unterschiede im Nettogewinn innerhalb des Feldes vor. Im Durchschnitt wurde ein Nettogewinn von 521 € ha^{-1} erzielt, für einzelnen Grids schwankte der errechnete Nettogewinn zwischen 504 und 547 € ha^{-1} .

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass der Nettogewinn des Landwirtes gesteigert und maximiert werden kann, wenn auf eine einheitliche Düngeapplikation zu Gunsten der teilflächenspezifischen Stickstoffapplikation verzichtet würde. Demnach sollte die Stickstoffapplikation auf Gridbasis optimiert werden, um so die vorhandenen Unterschiede in den Bodeneigenschaften und dem historischen Ertragspotential zu berücksichtigen.

Literatur

- Batchelor, W.D.; J.O. Paz und K.R. Thorp. 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. Proceedings of the 7th Precision Ag Conference. Minneapolis, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wi.
- Zillmann, E.; J. Link, S. Graeff, W.D. Batchelor, W. Claupein. 2005: Accuracy assessment of historical yield maps of wheat generated from images. 5th European Conference on Precision Agriculture. Göteborg, Schweden.

Vergleich einer praxisüblichen und teilflächenspezifisch angepassten N-Düngestrategie anhand von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten vor dem Hintergrund der SchALVO

J. Link*, S. Graeff*, W.D. Batchelor** & W. Claupein*

Einleitung

In ganz Europa wurden Gesetze implementiert, um die Belastung der Trinkgewässer zu reduzieren. Das Land Baden-Württemberg hat die Gesetzesvorgaben zur Reduzierung der Nitratauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Flächen ins Grundwasser in der SchALVO umgesetzt. Als ein Ergebnis dieser Verordnung erhalten Landwirte in Wasserschutzgebieten eine Ausgleichzahlung, wenn sie mit ihrer Bewirtschaftungsweise den vorgegebenen Grenzwert für Reststickstoff von 45 kg N ha^{-1} im Boden nach der Ernte im Herbst nicht überschreiten.

Das Ziel dieser Studie war, das prozess-orientierte Pflanzenwachstumsmodell APOLLO einzusetzen, um den ökonomischen und ökologischen Einfluss einer praxisüblichen und einer teilflächenspezifischen N-Düngestrategie unter dieser Verordnung zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen für diese Studie wurden auf einer Praxisfläche (5,5 ha) in einem Wasserschutzgebiet im Oberrheingraben durchgeführt. Auf der Fläche wurde seit 1998 Mais im Daueranbau unter praxisüblichen Bedingungen kultiviert. Die Maiserträge wurden mittels georeferenzierter Ertragserfassung ermittelt, in ein Netzwerk von 30 Grids umgerechnet und analysiert. Das eingesetzte Modell APOLLO (Batchelor et al., 2004) wurde anhand eines fünf Jahre umfassenden Datensatzes kalibriert und für die Entwicklung von N-Düngestrategien unter Berücksichtigung von historischen Wetterdaten aus 28 Jahren eingesetzt. Die N-Düngestrategien wurden anschließend hinsichtlich des Nettogewinns und des Reststickstoffes im Boden beurteilt. Der durchschnittliche Nettogewinn für jedes Grid wurde mittels folgender Gleichung [1] berechnet und über die Dauer von 28 Jahren gemittelt:

$$NG_{n,t} = E_{n,t} * P_W - N_{n,t} * P_N + AZ_{n,t} \quad [1]$$

wobei $NG_{n,t}$ als Nettogewinn (€ ha^{-1}), $E_{n,t}$ als Maisertrag (kg ha^{-1}), P_W als Preis für Mais ($0,13 \text{ € kg}^{-1}$), $N_{n,t}$ als applizierte Stickstoffmenge (kg N ha^{-1}), P_N als Preis für Stickstoff ($0,83 \text{ € kg}^{-1}$) und AZ als Ausgleichzahlung entsprechend der SchALVO definiert und nur bei Erfüllung des Grenzwertes mit 165 € ha^{-1} eingerechnet wurde (n = Grid, t = Jahr). Die praxisübliche N-Düngung wurde mit einer einheitlichen N-Applikation von 35 kg N ha^{-1} zur Aussaat und einer zweiten einheitlichen Applikation von 105 kg N ha^{-1} zum Vierblattstadium simuliert. Die teilflächenspezifisch angepasste N-Düngung wurde über das Modell APOLLO ermittelt. Die N-Applikation zur Aussaat wurde beibehalten, die zweite Applikation zum Vierblattstadium wurde so optimiert, dass über den langjährigen Zeitraum von 28 Jahren der Nettoertrag des Landwirtes für diesen Schlag maximiert werden konnte.

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Ag. and Biosystems Engineering, 219b Davidson Hall, Iowa State University, Ames, IA 50011, US

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie führten zu unterschiedlich hohen N-Applikationen für die praxisübliche (insgesamt 140 kg N ha⁻¹) und die teilflächenspezifisch angepasste N-Düngestrategie (106 kg N ha⁻¹). Der durchschnittliche Ertrag der teilflächenspezifischen Strategie war geringerals in der praxisüblichen Strategie, was sich auf die reduzierte Menge von appliziertem Stickstoff in der teilflächenspezifischen Strategie zurückführen lässt. Gleichzeitig wurde aber auch ein geringerer Anteil an Reststickstoff nach der Ernte für die teilflächenspezifische Düngestrategie ermittelt. Mit der praxisüblichen Düngestrategie konnte ein Nettogewinn von 828 € ha⁻¹ erzielt werden, während mit der teilflächenspezifisch angepassten N-Düngestrategie ein leichter Anstieg des Nettogewinns auf 860 € ha⁻¹ verzeichnet werden konnte. Der geringere Nettogewinn in der praxisüblichen Variante ließ sich vor allem dadurch erklären, dass höhere Ausgaben für Dünger getätigt werden mussten und nicht in allen Grids bzw. allen Jahren die Ausgleichszahlung von 165 € ha⁻¹ in Anspruch genommen werden konnte. Während in der teilflächenspezifisch angepassten Düngestrategie der Grenzwert für Reststickstoff nach der Ernte über den langjährigen Zeitraum nur in 3% der Fälle überschritten wurde, waren es mit der praxisüblichen Düngestrategie rund 16 %, was zu deutlichen Einbußen im Nettogewinn führte.

Tab. 1: Mittelwert und Spanne der Düngermengen, des simulierten Reststickstoffs im Boden nach der Ernte, des simulierten Ertrags und des Nettogewinns für die praxisübliche (PD) und die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie (TAD).

Dünge- strategie	Düngemenge			Reststickstoff im Boden	Ertrag	Nettogewinn
	1. Gabe	2. Gabe (kg N ha ⁻¹)	Gesamt			
PD	35	105	140	28	5852	828
				17 - 42	5287 - 6554	736 - 947
TAD	35	71	106	20	5747	860
		55 - 90	80 - 125	15 - 28	5225 - 6512	795 - 952

Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass APOLLO ein vielversprechendes Modell ist, um verbesserte Düngestrategien für die praktische Landwirtschaft zu entwickeln. Mit diesem Modell kann die räumliche und zeitliche Ertragsstruktur berücksichtigt und damit eine erhöhte Gefahr der Nitratauswaschung vermieden werden. Da die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie eine bedarfsgerechte Düngung ermöglicht und somit die Wahrscheinlichkeit der Einhaltung des Grenzwertes deutlich erhöht, war diese Düngestrategie auch aus ökonomischen Gesichtspunkten als vorteilhaft anzusehen.

Danksagung

Wir danken dem „ITADA-Projekt 1.1.1 ‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein – Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebene‘, bearbeitet von Dr. Ivika Rühling (IfuL) und Didier Lasserre (ICTF) mit Kofinanzierung durch EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.“ für die Bereitstellung der Daten.

Literatur

Batchelor, W.D.; J.O. Paz und K.R. Thorp. 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. Proceedings of the 7th Precision Agriculture Conference. Minneapolis, MN, USA. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA.

Pflanzennährstoffe in Österreichs Böden: Räumliche und zeitliche Variationen sowie Wechselwirkungen mit Bodeneigenschaften

Franz Heinzlmaier¹, Martin H. Gerzabek², Monika Tulipan³ & Andreas Baumgarten⁴

Einleitung

Pflanzennährstoffe und ihre Bioverfügbarkeit gehören zu den wichtigsten Produktionsfaktoren in der Landwirtschaft. Sie sind die Basis der Fähigkeit von Böden Erträge zu erzeugen. Aufgrund von wirtschaftlichem Druck und im Rahmen der Teilnahme an Umweltprogrammen ist seit einigen Jahren eine deutliche Abnahme der Düngersapplikation auf dem Acker- und Grünland zu verzeichnen. Zur Zeit befinden wir uns mit den durchschnittlich ausgebrachten Nährstoffmengen pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche auf dem Niveau der fünfziger Jahre.

Die Frage, die sich nun aufdrängt, betrifft die Nährstoffgehalte bzw. -vorräte, vor allem an Phosphor, Kalium und Magnesium, der österreichischen Böden und ihre Änderungen. Dabei stehen weniger die Gesamtgehalte im Vordergrund, sondern vielmehr deren pflanzenverfügbarer Anteil.

Ziel der Untersuchung ist es, mit vorhandenen Daten über die Elementgehalte österreichischer Böden durch eine umfassende Analyse des Datenmaterials den Versorgungszustand mit Nährstoffen (vor allem P, K und Mg) dieser Böden darzustellen und zeitliche Veränderungen aufzuzeigen. Standortparameter und Parameter wie Landnutzung, Ausgangsgestein usw. werden dabei berücksichtigt.

Material und Methoden

Die Daten für die vorliegenden Untersuchungen stammen einerseits aus den in den 90er Jahren durchgeführten Bodenzustandsinventuren der österreichischen Bundesländer und andererseits aus den an der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) zur Analyse eingereichten Bodenproben der Jahre 1991 – 2003. Letztere Daten dokumentieren von der Probenanzahl her das Gebiet Ostösterreichs sehr gut. Aufgrund der Verfügbarkeit vergangener 12 Jahre lassen sich mit den AGES-Daten, welche einen Probenumfang von ca. 330.000 Einzeldatensätzen haben, zeitliche Veränderungen von Nährstoffgehalten darstellen.

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventuren der Länder hingegen sind im Bodeninformationssystem BORIS des Umweltbundesamtes Wien gesammelt. Derzeit enthält BORIS Daten aus 45 verschiedenen Erhebungen, welche als einzelne Literaturangaben angeführt sind. In den Jahren 1994 bis 2000 wurde der größte Teil des Datenbestandes von BORIS mit über 1,5 Mio. Einträgen zu über 10.000 Standorten in Österreich aufgebaut und wird seit dieser Zeit laufend erweitert (SCHWARZ, 2004).

Die Auswahl und Berechnung eines einheitlichen Datenkollektivs zur weiteren Auswertung ist aufgrund verschiedener Analysemethoden, der Verteilung der untersuchten Standorte und der Angabe unterschiedlicher Beprobungstiefen unumgänglich.

¹ AMI Agrolinz Melamine International GmbH, St.-Peter-Strasse 25, A-4021 Linz

² Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Strasse 82, A-1190 Wien

³ Umweltbundesamt Wien, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

⁴ Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Spargelfeldstrasse 191, A-1226 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Das aus BORIS zur Datenanalyse ausgewählte Datenkollektiv wurde nach den sog. Basisrasterstandorten (im Abstand von 3,9 x 3,9 km bzw. 4 x 4 km für Salzburg und Tirol) ermittelt. Unter Berücksichtigung der Landnutzung (Ackerland und Grünland) ergeben sich somit 2456 Standorte, welche auf die Bundesländer wie folgt aufgeteilt sind.

Tab. 3: Überblick über das nach Nutzung und Bundesland aus BORIS ausgewählte Datenkollektiv

Nutzung	B	K	NÖ	OÖ	S	St	T	V	Gesamt
Grünland	10	171	149	215	188	243	267	59	1302
Acker	146	46	576	232	7	130	15	2	1154
Summe	156	217	725	448	195	373	282	61	2456

Beispielhaft für erste Auswertungen sollen die P-Gehalte im Grünland anhand dieser Daten dargestellt werden. Nicht für jeden Standort liegt ein Messwert vor; weiters wurden Gehalte von über 183 mg P/1000 g Boden als Ausreißer eliminiert. Aus diesem Grund weichen die Anzahlen der Standorte in der folgenden Abbildung von jenen aus Tab. 1 ab.

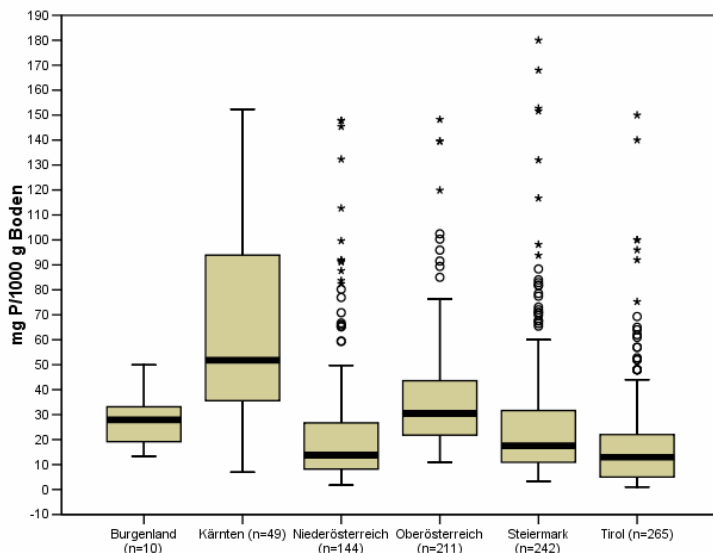


Abb. 1: P-Gehalte (mg P/1000 g Boden) in den Grünlandböden Österreichs (Quelle: Daten der Bodenzustandsinventuren der Bundesländer aus BORIS)

Mit Ausnahme von Kärnten kommen bei allen Bundesländern 75 % der P-Werte unterhalb der Grenze des ausreichend versorgten Bereichs (47 mg P/1000 g Boden) zu liegen. Hierzu sei aber angemerkt, dass es sich um den mit der CAL- bzw. DL-Methode bestimmten pflanzenverfügbaren P handelt. Die Nachlieferung aus dem organischen P-Pool, welcher aufgrund höherer Humusgehalte (verglichen mit Ackerland) ebenfalls als größer einzuschätzen ist, wurde hierbei nicht berücksichtigt.

Eine erste Auswertung der AGES-Daten zeigt beispielsweise für das Marchfeld im östlichen Niederösterreich eine Abnahme der K-Werte im

Ackerland. Lagen hier von 1991-1995 noch 50 % der Werte im Bereich der D-Versorgung, sank dieser Anteil im Zeitraum 2001-2003 auf 30 % der Werte zugunsten einer Zunahme um diese Differenz im C-versorgten Bereich.

Literatur

SCHWARZ, S. (2004): Ableitung von Bodenreferenzwerten auf Basis des österreichweiten Bodeninformationssystems BORIS. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien

Zeitliche und räumliche Variabilität von Winterweizen in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Bodeneigenschaften

Jochen Schäfer*, Johanna Link*, Simone Graeff*, Erik Zillmann*,
William David Batchelor** & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Zunehmende Bewirtschaftungseinheiten infolge wachsender Betriebsgrößen haben eine größere Heterogenität von Ackerschlägen zur Folge (Liebler, 2003). Aus diesem Grund ist es erforderlich, die unterschiedliche Fruchtbarkeit innerhalb eines Schrages bei der N-Düngung berücksichtigen zu können und die Ursachen für die bestehenden Variabilitäten zu ermitteln. Ziel der Studie war i) basierend auf einem Feldversuch in einem heterogenen Schlag die zeitliche und räumliche Variabilität des Wachstums und der Entwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Bodeneigenschaften zu untersuchen, sowie ii) in einem zweiten Schritt die N-Düngung unter Berücksichtigung der ertragslimitierenden Faktoren über eine Modellierung anzupassen und mit einer homogenen N-Düngung in ihrer Auswirkung auf Wachstum und Ertrag zu vergleichen.

Material und Methoden

Im Anbaujahr 2004/2005 wurden auf dem Schlag „Mohren“, der Versuchstation Ihinger Hof (48° 44' N 8° 56' E, 693 mm, 8.1 °C) der Universität Hohenheim, verschiedene N-Düngestrategien in Winterweizen untersucht. Zur Erfassung der Boden- und Ertragsunterschiede wurde der Schlag in 80 Grids zu je 36 x 36 m eingeteilt. Innerhalb dieser 80 Grids wurden die Textur sowie einzelne Bodennährstoffgehalte untersucht. Entsprechend der Bodenunterschiede wurden für die einzelnen Grids unterschiedliche N-Düngerhöhen in Abhängigkeit der mittleren langjährigen Ertragserwartung abgeleitet. Die erste N-Düngung erfolgte am 25.04.2005 als einheitliche Flächendüngung mit 60 kg N ha⁻¹ als Kalkammonsalpeter. Für die zweite N-Gabe wurden die 80 Grids in eine teilflächenspezifisch angepasste N-Düngung und eine betriebsübliche Variante unterteilt. Die betriebsübliche Variante wurde mit 65 kg N ha⁻¹ angesetzt. Für die teilflächenspezifische Variante wurden die N-Düngermengen für jedes Grid einzeln mittels des Modells APOLLO (Application of Precision Agriculture for Field Management Optimization) berechnet. Dem Apollo-Modell liegt das CERES-Modell Weizen zu Grunde (Batchelor et al., 2004). Das Modell wurde mit den Anbaujahren 1994, 1998 und 2003 für den Schlag kalibriert. Bei der Kalibrierung wurden teilflächenspezifisch variable Bodenparameter wie Verdichtungen, schwer durchwurzelbare Bodenschichten sowie eine eingeschränkte Wurzelverteilung im Bodenhorizont berücksichtigt. Als weitere Parameter wurden der permanente Welkepunkt sowie die Feldkapazität einbezogen. Für die anschließende Düngeempfehlung wurden Düngermengen zwischen 0 und 200 kg N ha⁻¹ in Schritten von 10 kg berechnet. Die zweite N-Düngergabe variierte somit im teilflächenspezifischen Bereich zwischen 60 und 100 kg N ha⁻¹. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der N-Düngerhöhen in den einzelnen Grids für die betriebsübliche und die teilflächenspezifischen Düngevarianten. In ausgewählten Grids wurden während der Vegetationsperiode spezifische Parameter wie z.B. Blattflächenindex, Biomasse, N-Versorgung, ährentragende Halme etc. er-

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Agricultural and Biosystems Engineering, 219b Davidson Hall, Iowa State University, Ames, IA 50011, US

hoben und anschließend mit der N-Versorgung, der N-Gesamtdüngermenge und einzelnen Ertragsparametern korreliert.

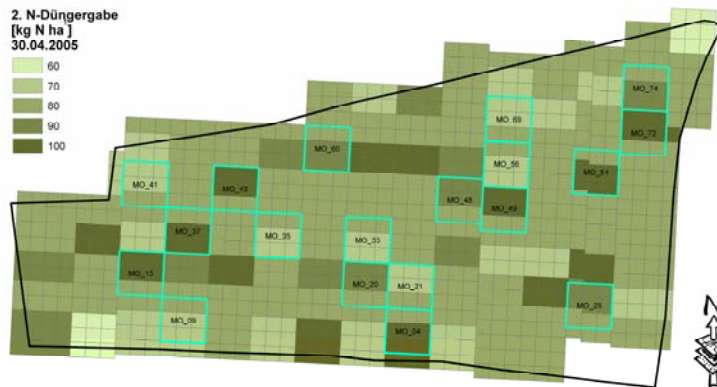


Abb. 1: Verteilung der N-Düngergewichten in den einzelnen Grids im Vergleich der betriebsüblichen und der teilflächenspezifischen Varianten.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 stellt die Korrelation zwischen der Anzahl ährentragender Halme und der Gesamt-N-Düngermenge im Vergleich der teilflächenspezifisch angepassten (A) und der betriebsüblichen Variante (B) dar. Die Ergebnisse zeigten, dass in der teilflächenspezifisch angepassten Variante ein positiver Zusammenhang zwischen der N-Düngung und der Anzahl ährentragender Halme bestand. Dies konnte auch für andere Ertragsparameter bestätigt werden. Demgegenüber bestand in der betriebsüblichen Variante nur ein schwacher Zusammenhang zwischen N-Düngung und den ermittelten Ertragsparametern.

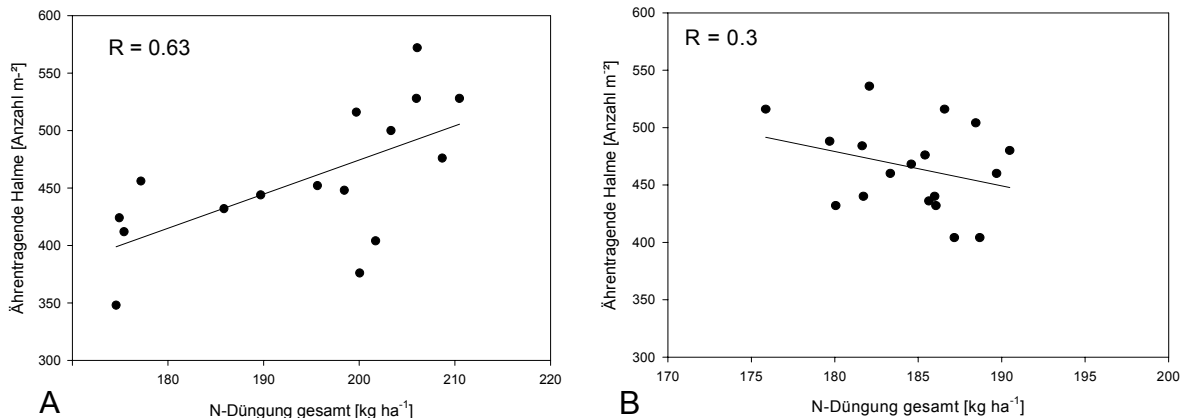


Abb. 2: Korrelation zwischen ährentragenden Halmen pro m² und der Gesamt-N-Düngermenge [kg N ha⁻¹] einschließlich N_{min} im Vergleich der teilflächenspezifischen (A) und der betriebsüblichen (B) Düngervariante.

Die Berücksichtigung komplexer, ertragslimitierender Faktoren führte in der teilflächenspezifisch angepassten N-Düngung zu einer verbesserten und optimierten Ausnutzung und Umsetzung von Stickstoff. Es zeigte sich jedoch, dass in einigen Grids die gewählte Anpassung der N-Düngung nicht optimal war und hier weitere ertragslimitierende Parameter bei der Kalibrierung berücksichtigt werden müssen.

Literatur

- Liebler, J. 2003: Feldspektroskopische Messungen zur Ermittlung des Stickstoffstatus von Winterweizen und Mais auf heterogenen Schlägen. Herbert Utz Verlag, München.
- Batchelor, W.D., J.O. Paz und K.R. Thorp 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. In: Proceedings of the 7th International Precision Agriculture Conference [CD-Rom], July 25-28, Minneapolis, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Bewertung der Genauigkeit aus Satellitendaten abgeleiteter historischer Ertragskarten

E. Zillmann*, J. Link*, S. Graeff*, W. D. Batchelor** & W. Claupein*

Einleitung

Die Kenntnis kleinräumiger Ertragsvariabilität ist eine wesentliche Voraussetzung für die Ausweisung von Managementzonen sowie die teilflächenspezifische Kalibrierung von Pflanzenwachstumsmodellen. Die räumliche Ertragsvariabilität vergangener Jahre lässt sich schwer ermitteln, sofern keine Ertragskartierung vorhanden ist. In diesem Fall kann mittels Fernerkundungsdaten entsprechende Information bereitgestellt werden. Zusammenhänge zwischen spektraler Bestandesreflexion und Ertrag wurde schon des Öfteren gezeigt, auch wenn keine allgemeingültige Beziehung existiert, was die Übertragbarkeit erschwert. Ziel der Untersuchung war die Ermittlung von historischen Ertragsmustern und die Fehlerbeurteilung von aus multispektralen Satellitendaten abgeleiteten Ertragskarten.

Material und Methoden

Die vier Testfelder mit Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) befanden sich in Mecklenburg-Vorpommern (MW) und Schleswig-Holstein (SH). Für die Untersuchung waren sowohl mittlere Felderträge als auch die räumlichen Ertragsverteilungen der Felder bekannt. Die gemessenen Ertragsdaten wurden mit dem aus Satellitendaten abgeleiteten NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) in Bezug gesetzt. Hierfür standen mittels *Dark Object Subtraction* atmosphärisch korrigierte Landsat TM (2001) und ASTER (2002) Daten zum Zeitpunkt des Längenwachstums (EC 32) zur Verfügung. Mit dem Datensatz von Feld A aus dem Jahr 2002 wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt und ein Regressionsmodell zur Ertragsschätzung entwickelt. Die Übertragbarkeit des Modells wurde anhand vier unabhängiger Datensätze der Jahre 2001 und 2002 unter Verwendung von 100 - 200 zufällig ausgewählter Probepunkte analysiert. Simulierte und gemessene Erträge wurden verglichen und der simulierte mittlere Ertrag entsprechend skaliert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen mit $R^2 = 0,73$ eine starke Korrelation zwischen NDVI und den korrespondierenden Ertragsmessungen für Feld A in 2002. Das aufgestellte Regressionsmodell (1) konnte demnach 73 % der räumlichen Ertragsvariabilität erklären (Tab. 1).

$$\text{Ertrag (dt ha}^{-1}\text{)} = 381,68 * \text{NDVI} - 125,16 \quad (n = 200) \quad (1)$$

Die Nutzung dieses Regressionsmodells zur Ermittlung der Ertragsvariabilität anderer Felder als auch anderer Jahre zeigte ebenfalls, wenn auch schwächere Zusammenhänge zwischen dem NDVI und den gemessenen Ertragsdaten. Insgesamt variierten die Ergebnisse zwischen einem R^2 von 0,52 und 0,66 mit einem Standardschätzfehler (SEP) zwischen 6,8 und 18,5 % (Tab. 1). Trotz der teilweise hohen SEP, die zu einer fehlerhaften Schätzung der absoluten Ertragswerte für die einzelnen Felder führten, konnte die relative räumliche Ertragsverteilung gut erfasst

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart

** Agricultural and Biosystems Engineering, 219b Davidson Hall, Iowa State University, Ames, IA 50011, US

werden. Die räumliche Ertragsverteilung geschätzt auf Basis des NDVI (Abb. 1C) entsprach tendenziell der im Feld gemessenen Verteilung (Abb. 1B).

Tab. 1: Statistische Parameter der gemessenen und geschätzten Erträge.

Region	Feld	Jahr	N	CV _{NDVI} [%]	CV _{my} [%]	CV _{py} [%]	SEP [%]	R ²
MW	A	2002	200	5.5	17.1	14.6	6.8	0.73
MW	B	2002	200	5.3	23.2	13.9	6.8	0.66
MW	A	2001	200	5.6	8.9	17.3	9.4	0.54
SH	C	2001	100	8.9	17.9	12.0	7.9	0.61
SH	D	2001	100	13.7	8.4	29.8	18.5	0.52

CV: Variationskoeffizient, my: gemessener Ertrag; py: geschätzter Ertrag, N: Anzahl der Probestellen; SEP: Standardschätzfehler

Es zeigte sich deutlich, dass die Genauigkeit mittels NDVI geschätzter Erträge von der Ertragsvariabilität innerhalb der Fläche abhängig ist. Mit zunehmender Variabilität im gemessenen Ertrag (CV_{my}) wurden die SEP kleiner. Im Falle hoher (CV_{my} > 15 %) Ertragsvariabilität tendierte das Regressionsmodell jedoch zu einer Überschätzung niedriger Erträge und einer Unterschätzung hoher Erträge (Abb. 1A). Bei niedriger Ertragsvariabilität war es genau umgekehrt (Ergebnisse nicht dargestellt).

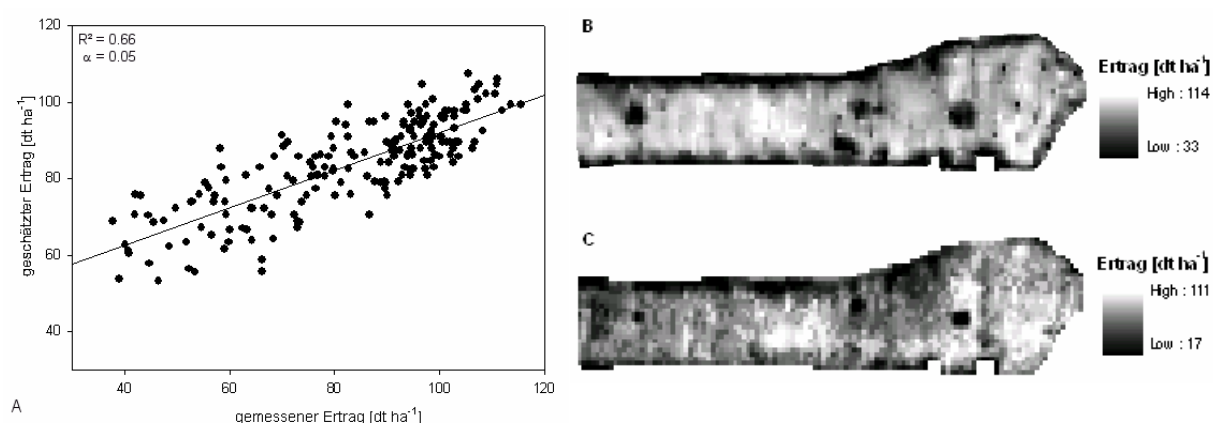


Abb. 1: A: Zusammenhang zwischen gemessenem und geschätztem Winterweizen-ertrag von Feld B in 2002. B: Räumliche Ertragsvariabilität (2002) von Feld B erfasst mittels Ertragskartierung. C: Ertragsverteilung (2002) geschätzt mittels NDVI.

Die Ergebnisse zeigten, dass mittels Regressionsanalyse wertvolle Informationen über die teilflächenspezifische Verteilung historischer Erträge bereitgestellt werden konnten, sofern ein Zusammenhang zwischen Ertrag und NDVI bestand. Dieser Zusammenhang ist jedoch stets in hohem Maße vom Aufnahmezeitpunkt der spektralen Reflexion abhängig, auch wenn diese bei Getreidebeständen nahezu zu jeder Vegetationsphase mit dem resultierenden Ertrag korreliert ist (Ashcroft et al., 1990). Die Zuverlässigkeit NDVI-basierter Ertragsschätzungen nimmt im Allgemeinen mit Zunahme der Zeit zwischen Aufnahme und Ernte ab, da vielfältige Faktoren, wie z. B. Trockenstress oder Schädlingsbefall das Ernteergebnis negativ beeinflussen können (Pinter et al., 2003).

Literatur

- Ashcroft P.M., Catt, J.A., Curran, P.J., Munden, J. & R. Webster 1990. The relation between reflected radiation and yield on the Broadbalk winter wheat experiment, *Int. J. of Rem. Sens.* (11), 1821-1836.
 Pinter, P.J., Hatfield, J.L., Schepers, J.S., Barnes, M., Moran, M.S., Daughtry, C.S. and Upchurch, D.R. 2003. Remote sensing for crop management. *Photogram. Eng. and Rem. Sens.*, 69, 647-664.

Ortsspezifische Untersuchungen zur bodenartenabhängigen und witterungsbedingten Ertragsdifferenziertheit auf konventionell bewirtschafteten Ackerschlägen

Lisa Dittmann & Petra Kahle*

Einleitung

Es werden Kontrollmöglichkeiten für Nährstoffeinträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer gesucht. Dabei soll der Massendatenanfall beim Ernteprozess über das GPS und Bordinformationssystem nutzbar gemacht werden. Es wird der Frage nachgegangen, ob differenzierter Nährstoffentzug infolge ortsspezifischer Ertragsdifferenziertheit trotz gleicher Düngergabe durch den Folgefruchtertrag z. T. ausgeglichen werden kann.

Material und Methoden

5-jährige Aufzeichnungen von Mähdruschfrüchten auf 6 ausgewählten Schlägen mit insgesamt 240 ha/a eines Praxisbetriebes; Wetterdaten in Form von Jahresganglinien der Temperaturmittel und Niederschlagssummen in den Monaten der Untersuchungsjahre zur Charakterisierung der Jahresunterschiede; Karten mit Bodenarten nach der Reichsbodenschätzung (s. Abb. 1), die im GIS ArcView mit den erstellten Ertragskarten verschnitten wurden; Basisdatenfilterung mit MS-EXCEL (Ertragswerte im Bereich Mittelwert +/- zweimal Standardabweichung kamen zur Auswertung); Ertragsinterpolation auf 25x25m bzw. 50x50m-Rastern mit GIS-Software (s. Abb. 2), sowie in MS-EXCEL (s. Tab. 2); Standardisierung der Ertragsdaten ($z(ij) = (x(ij) - \text{Mittelwert}) / \text{Standardabweichung}$); Varianzanalyse und Mittelwertvergleich der Ertragsdaten mit dem allgemeinen linearen Modell von SPSS (s. Tab. 1); Kalkulation von N-Salden separat auf den 50*50m Rastern.

Ergebnisse und Diskussion

Die erstellten Ertragskarten belegen die Differenziertheit der Erträge und in Abhängigkeit davon der Nährstoffentzüge innerhalb der Schläge. Die mittleren

Tab. 1: Ergebnisse der Varianzanalyse

Fruchtartenvergleich									
Parameterschätzer (Bj) und Partielles Eta-Quadrat ; Abhängige Variable: ERTRAG dt/ha									
		Winterweizen		Wintergerste		Sommergerste		Raps	
Parameter		Bj	Partielles Eta-Quadrat	Bj	Partielles Eta-Quadrat	Bj	Partielles Eta-Quadrat	Bj	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term		81.5	0.91	68.1	0.873	56.9	0.856	46.5	0.739
Faktor B	[JAHR=2000]	-1.54	0.003			-12.10	0.471	-2.69	0.015
	[JAHR=2001]	-4.17	0.016	3.68	0.034			-1.02	0.002
	[JAHR=2002]	14.33	0.203	-9.83	0.214			-12.22	0.167
	[JAHR=2003] a)	0.00	.	0.00	.	0.00	.	0.00	.
Faktor A	Sand	-13.77	0.012	-4.68	0.003	-1.92	0.001	-13.69	0.035
	anlehmiger Sand	-8.86	0.068	-1.83	0.004	0.83	0.001	-1.41	0.003
	lehmiger Sand	-2.81	0.012	2.80	0.013	-0.16	0	-1.70	0.006
	stark lehmiger Sand a)	0.00	.	0.00	.	0.00	.	0.00	.
	sandiger Lehm	-0.50	0	-5.68	0.003			-1.41	0
	schwerer Lehm	1.22	0	4.26	0.002			-6.61	0.002
a) Der Parameterwert Null ist redundant		b) Regression der gewichteten kleinsten Quadrate - durch 0.1 ha gewichtet						nicht signifikant mit alpha 0.1	

* Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

jährlichen N-Salden variieren in Abhängigkeit von den Fruchtarten, Bodenarten und Witterungsbedingungen zwischen 53 und 151 kg N/ha. Mit Hilfe der Summe der standardisierten Erträge auf dem Beispielschlag 3 konnte festgestellt werden, dass bei der Bodenart lehmiger Sand (auf ca. 50% der Schlagfläche) eine erheblich bessere Ausnutzung der gedüngten Nährstoffe erfolgte als auf Anteilsflächen mit stark sandigem Lehm. Dieses Ergebnis bestätigt tendenziell die These nach einem möglichen Ausgleich der Ertragsdifferenziertheit durch Folgefrüchte. Ganzjähriger Nährstoffentzug durch Fruchtfolgemaßnahmen sollte unbedingt gefördert werden. Differenzierte naturbedingte Witterungseinflüsse wirken sich vorwiegend differenzierend auf das erreichbare Jahresertragsniveau aus. An der Rationalisierung des gegenwärtig noch sehr aufwendigen rechnergestützten Auswertungsmodus von Mähdrescherertragsdaten in themenbezogener Richtung wird weiter gearbeitet.

Tab. 2: Beispiel der ortsspezifischen Ertragsdifferenziertheit

Standardisiertes Ertragsniveau auf Schlag 3 im Jahre 2004 Fruchtart: Winterweizen																													
Ertragspunkte n=5644; Mittelwert:63.1 dt/ha; Stabw: 9.5 dt/ha; jedes 50x50 m Raster enthält ca. 40 Ertragspunkte, deren Z-Werte gemittelt wurden.																													
WW_04	x_Quadr50	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27							
	30											-1.0	-0.5	0.3															
	29										-0.2	-0.6	0.6	-0.2	-0.7														
	28										-0.8	-0.6	0.7	0.0	-0.6	-1.9													
	27									-1.2	-0.2	0.3	-0.0	0.1	0.1	-0.8													
	26									-0.1	-0.1	-0.0	-0.7	-0.1	-0.1	-0.6	-0.8												
	25				1.0			-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.4	-0.1	0.4	-0.1	-0.6													
	24		0.8	0.6	0.3	0.5	0.5	0.0	0.4	-0.1	-0.0	0.1	-0.3	-0.8	-0.2				-2.2										
y_Quadr50	23	0.4	0.4	-0.0	0.6	0.2	0.2	0.5	0.1	0.4	-0.0	-0.1	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	0.2	-0.8	-1.1										
	22	-0.5	0.2	0.7	-0.1	-0.3	0.0	0.1	0.2	-0.2	0.0	-0.5	-0.4	0.2	0.4	-0.2	-0.8	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6								
	21	-1.4	0.0	-0.8	0.5	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.9	0.0	-0.0	0.2	0.4	0.4	-0.2	-0.1	-0.3	-0.1	0.1	-0.1	-0.0							
	20				-1.0	0.4	-0.1	-0.5	-1.0	-0.8	-0.0	-0.3	0.2	0.6	0.4	0.3	-0.1	0.2	0.7	0.5	0.6	0.0							
	19				-1.4	-0.9	0.2	-0.2	-0.4	-0.2	-0.0	0.2	0.6	-0.2	0.1	0.4	1.0	0.5	0.8	1.4	-0.5	-0.6							
	18					-1.3	-0.3	-0.9	-0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	-0.5	-0.3	0.7	0.7	0.7	1.3	0.3	0.2	0.8							
	17						-1.0	-1.2	-0.3	0.4	1.0	0.6	0.6	-0.1	-0.0	0.6	0.5	1.3	0.5	-1.1	-0.3								
	16							-0.9	-0.2	-0.8	-0.1	0.6	0.2	0.5	0.1	0.2	-0.1	-0.0	-0.3	1.3	1.5								
	15											-0.8	-0.2	0.3	0.4	-1.0													

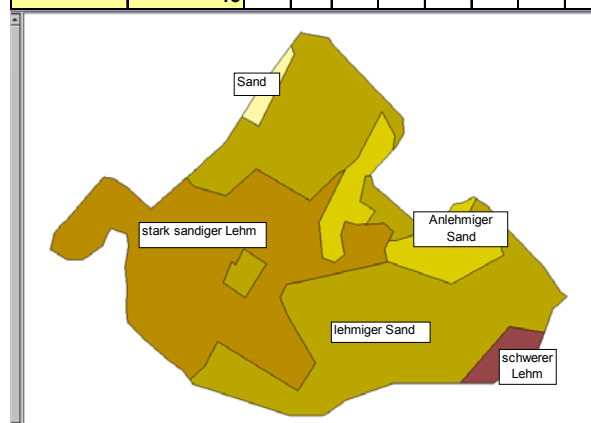


Abb. 1: Bodenartenkarte Schlag 3

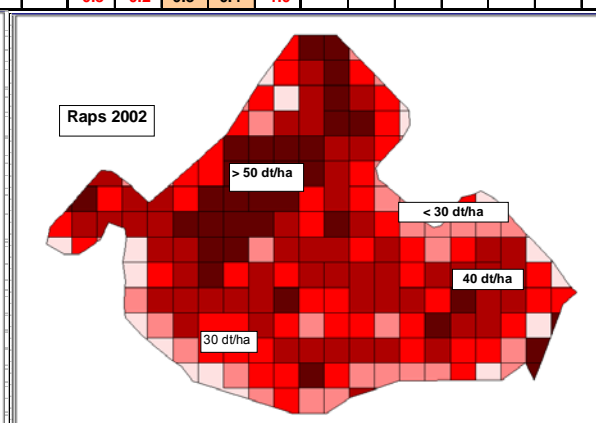


Abb. 2: Ertragskarte Raps 2002

Literatur

Dittmann, L.; P. Kahle; J. Freiheit, Untersuchungen zur Ertragsdifferenziertheit in Abhängigkeit von Bodenarten auf ausgewählten Ackerschlägen eines Praxisbetriebes. 51. Biometrisches Kolloquium, Halle 2005 Abstracts S. 99

Teilflächenspezifisch variierende Stickstoff- und Wasserverfügbarkeit als Ursache für Differenzen im Ertragspotenzial

Karla Müller, Ulf Böttcher & Henning Kage*

Einleitung

Die Anbaubedeutung von Winterraps nimmt insbesondere durch die zunehmende Nutzung als Energiepflanze zu. Raps ist jedoch eine vergleichsweise N-ineffiziente Kulturpflanze, da ein ungünstiges Verhältnis der Stickstoffaufnahme im Samen im Verhältnis zur gesamten Pflanze vorliegt. Bereits vor der Ernte verliert Winterraps einen großen Anteil seiner Blätter, was zu starken N-Verlusten beiträgt. Zusätzlich begünstigt die frühe Ernte eine lange Mineralisierungsphase. Die typische Nachfolgefrucht Weizen nimmt nur geringe Mengen des vorhandenen Stickstoffs aus dem Boden vor Winter auf. Diese Faktoren können zu großen N-Verlusten durch Auswaschung während des Winters und dadurch zu Grundwasserverschmutzung führen.

In der Jungmoränenlandschaft von Schleswig-Holstein variieren die Erträge von Winterraps innerhalb einzelner Schläge stark. Eine konstant ausgebrachte N-Düngung berücksichtigt diese Variabilität nicht und kann somit zu Unter- oder Überdüngung führen. Für ein teilflächenspezifisches Management sind jedoch konkrete Kenntnisse über lokale Unterschiede der Ertrags- und N-Mineralisationspotenziale notwendig. Deshalb ist das Ziel dieser Arbeit, räumliche Unterschiede im Ertrag von Winterraps zu erfassen und ihre Ursachen zu analysieren.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Hohenschulen, Kiel, wurde 2004 Winterraps auf einem 15 ha großen Schlag angebaut. Bis auf zwei ungedüngte Transekten wurde der Schlag betriebsüblich bewirtschaftet. Innerhalb der Transekten wurden an jeweils vier unterschiedlichen Geländepositionen Blöcke mit je vier N-Düngungsstufen angelegt: Ungedüngt (N0), 80 kg N/ha (N1), 200 kg N/ha (N2) und 240 kg N/ha (N3). Während der gesamten Vegetationszeit wurden wöchentlich bzw. zweiwöchentlich destruktive Beprobungen durchgeführt. Die Pflanzen wurden auf N-Konzentration und Trockenmasse der einzelnen Sprossfraktionen und den Gesamt- bzw. Blattflächenindex untersucht. Parallel dazu wurden der Gesamtflächenindex und der N-Gehalt der Blätter nicht-destruktiv mit dem LAI 2000 (Licor) und dem SPAD-Meter (Minolta) gemessen. Der volumetrische Wassergehalt wurde durch TDR (Time Domain Reflectometry) ermittelt. Für die Bestimmung des mineralisierten Stickstoffs (N_{min}) wurden monatlich Bodenproben in den Tiefen 0–30 cm, 30–60 cm, 60–90 cm und 90–150 cm (nur zu Beginn und Ende der Vegetationszeit) genommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Samenerträge des gedüngten Schlages variierten zwischen 33 und 63 dt/ha (VK: 7,5%). In den ungedüngten Transekten war die relative Variation mit 11,3% sogar noch größer. Zwischen den einzelnen Geländepositionen lagen große Unterschiede in bezug auf das Gesamtbodenwasservolumen (Abb. 1), die Stickstoffverfügbarkeit und die Nettomineralisation vor (Tab. 1). Korrelationen zwischen den Erträgen und der Nettomineralisation gab es nur in den ungedüngten Parzellen. Vor allem in den

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Senken und dort sogar in den ungedüngten Parzellen überstiegen die N_{min}-Werte tolerierbare Höhen. Aufgrund ausreichender Niederschläge konnte selbst in Hang- und Kuppenpositionen kein Trockenstress beobachtet werden.

Diese erste Auswertung zeigt, dass die Unterschiede in der Wasser- und Stickstoffverfügbarkeit alleine die beobachteten Ertragsunterschiede nicht erklären können. Daher müssen noch weitere Faktoren wie die Etablierung der Pflanzen und/oder die Neigung der Geländedeposition, im speziellen Nordhänge, und daraus resultierende Einstrahlungsunterschiede auf ihren Einfluss auf das Pflanzenwachstum und den Ertrag untersucht werden. Da die Pflanze-Boden-Umwelt-Interaktion sehr komplex ist, sollten Pflanzenwachstumsmodelle, die einen besseren Einblick in die Pflanzenreaktion auf verschiedene Umweltfaktoren geben, mit in die Analyse und das teilflächenspezifische Management einbezogen werden.

Tab. 1: Nettomineralisation, N_{min} und Erträge von N0 und N3 aller Blöcke

Geländeposition	Hang	Senke	Kuppe	Senke	Senke	Kuppe	Hang	Senke	Ø
Ertrag N0 [dt/ha]	24,6	38,0	34,4	39,2	39,1	28,9	43,4	29,5	34
N _{min} zur Ernte [kg/ha]	25	42	41	99	49	34	43	57	49
Ertrag N3 [dt/ha]	48,2	62,2	72,0	57,5	–	61,0	56,1	60,0	59
N _{min} zur Ernte [kg/ha]	29	101	55	175	89	74	56	70	81
Nettomineralisation [kg/ha]	43	59	61	73	72	65	100	78	74

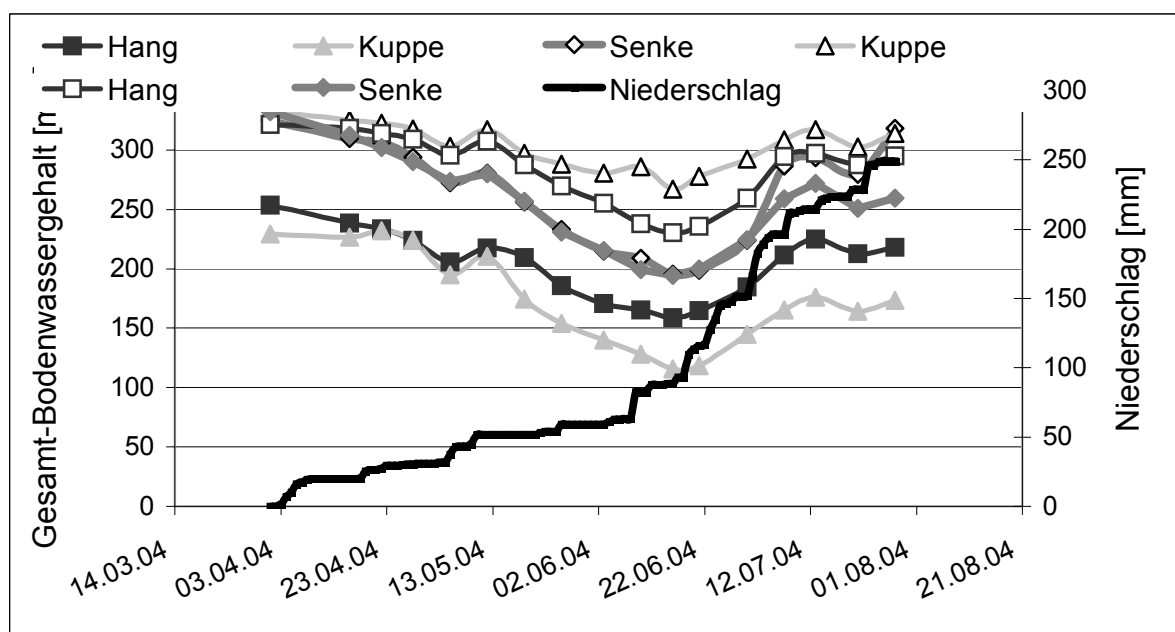


Abb. 1: Gesamt-Bodenwassergehalt der N2 in der Tiefe 0-120 cm verschiedener Geländepositionen und der kumulative Niederschlag

Abmilderung der Wirkung von Trockenstress auf Wachstum und Ertrag bei Weizen durch erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentrationen

Remy Manderscheid & Hans-Joachim Weigel*

Einleitung

Nach aktuellen Klimaprognosen führt der anhaltende anthropogene Anstieg verschiedener atmosphärischer Spurengase wie u.a. CO₂ zu einer Zunahme der Erdoberflächentemperatur und einer Veränderung der Niederschlagsverteilung (Houghton et al., 2001). Nachteilig für die Landwirtschaft wird in Zukunft das vermehrte Auftreten von Sommertrockenheit bei gleichzeitig erhöhten Temperaturen sein. Andererseits bewirkt die Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentrationen eine Reduktion der stomatären Leitfähigkeit und verringert den Abfall der Photosyntheserate bei partiellem Stomatenschluss unter Trockenstress. Es ist daher zu erwarten, dass der CO₂-Anstieg die negative Wirkung von Sommertrockenheit auf das Pflanzenwachstum abmildern wird. Dies wurde in einem Versuch getestet.

Material und Methoden

Sommerweizen wurde über zwei Jahre bei unterschiedlicher Wasser- (ausreichend (=W100), auf 50% reduziert (=W50)) und CO₂-Versorgung (normale CO₂-Konzentration (=380 ppm), erhöhte CO₂-Konzentration (=660 ppm)) in Open-Top Kammern angebaut. Im ersten Jahr erfolgte die Anzucht in Lysimetern mit 0.5 m Bodentiefe und im zweiten Jahr auf dem Feld ohne Restriktionen für das Wurzelwachstum. Der Trockenstress (W50) wurde kurz vor Anthese gestartet. Es wurde der saisonale Verlauf des Blattflächenindex, der Strahlungsabsorption des grünen Bestandes, der oberirdische Biomasseproduktion sowie die Strahlungs- und Wasserausnutzungseffizienz ermittelt.

Tab. 1: Interaktion von Wasser- (W100, W50) und CO₂-Versorgung (normal, hoch) auf Biomasse- und Kornertrag (g m⁻²) bei Sommerweizen über zwei Versuchsjahre.

Variable	Jahr	W100		CO ₂ -Effekt	W50		CO ₂ -Effekt
		norm.	hoch		norm.	hoch	
Trockenmasse	1	1917	2081	8.6%	1164	1667	43.2%
	2	1842	2068	12.2%	960	1392	45.0%
Kornertrag	1	854	884	3.5%	476	687	44.3%
	2	901	1014	12.5%	434	654	50.7%

Ergebnisse und Diskussion

Der Beginn des Trockenstress kurz vor dem Ährenschieben führte zu einem kleineren LAI-Maximum und anschließend zu einem schnelleren LAI-Abfall im Vergleich zur W100 Variante. CO₂-Anreicherung hob diesen negativen Effekt der Wasserlimitierung auf das Oberflächenwachstum (Blätter & Halme) und somit die Absorption der photosynthetisch aktiven Strahlung teilweise wieder auf, aber nur im zweiten Jahr bei unbegrenztem Wurzelwachstum. In diesem Versuchsjahr bewirkte der Trockenstress i. Vgl. zu Kontrollvariante eine Reduktion der saisonalen Strahlungsabsorption um 23% unter normal-CO₂ und nur um 16% unter Hoch-CO₂, und im ersten Jahr lagen die zugehörigen Werte bei 19% und 18%.

* Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Unter Normal-CO₂ führte die Wasserlimitierung annähernd zu einer Halbierung des Biomasse- und Kornertrags im Vergleich zu W100-Variante (Tab. 1). CO₂-Anreicherung verursachte stets eine Wachstumssteigerung, die aber unter Trockenstress viel größer war (> 43%) als bei ausreichender Bewässerung (≤ 13%). Der stärkere CO₂-Effekt auf das Pflanzenwachstum unter Trockenstress ging einher mit einer größeren CO₂-Stimulation der Strahlungsausnutzungseffizienz in der W50- als in der W100-Variante (Tab. 2). Dies war gleichzeitig verbunden mit einer Interaktion von Wasser- und CO₂-Angebot auf die Wasserausnutzungseffizienz der saisonalen Biomasseproduktion (Tab. 2).

Tab. 2: Interaktion von Wasser- (W100, W50) und CO₂-Versorgung (normal, hoch) auf Strahlungs- (g mol⁻¹ absorbierter Photonen) und Wasserausnutzungseffizienz der oberirdischen Biomasseproduktion bei Sommerweizen über zwei Versuchsjahre.

Variable	Jahr	W100		CO ₂ - Effekt	W50		CO ₂ - Effekt
		norm.	hoch		norm.	hoch	
RUE (g mol ⁻¹)	1	1,42	1,78	+25,4%	0,961	1,61	+67,5%
	2	0,951	1,32	+38,8%	0,613	0,924	+50,7
WUE (g kg ⁻¹)	1	4,48	5,78	+29,0%	5,35	7,86	+46,1%
	2	4,08	4,60	+12,7%	4,10	5,82	+42,0%

Der Versuch hat die Ausgangshypothese, dass der atmosphärische CO₂-Anstieg unter Trockenheit einen größeren Effekt auf das Pflanzenwachstum hat als bei ausreichendem Wasserangebot, bestätigt. Es sind zwei Prozesse, die zu dieser relativ großen Wachstumsstimulation durch Hoch-CO₂ unter Trockenstress beitragen. Am wichtigsten ist der Befund, dass der durch den Trockenstress hervorgerufene Abfall der Photosyntheserate unter Hoch-CO₂ viel schwächer ausfällt als unter Normal-CO₂. So ist RUE unter Trockenheit und Hoch-CO₂ genauso hoch wie bei ausreichender Bewässerung und Normal-CO₂. Der zweite Punkt, der zu der hohen Wachstumsreaktion unter Trockenstress geführt hat, beinhaltet die größere saisonale Strahlungsabsorption unter Hoch-CO₂ als Normal-CO₂. Dieses Phänomen lässt sich mit der anfänglichen Schonung der Wasserreserven infolge der Reduktion der stomatischen Leitfähigkeit unter Hoch-CO₂ erklären und mit der Erschließung zusätzlicher Bodenwasserquellen durch ein Verstärkung des Wurzelwachstums insbesondere in tieferen Bodenschichten (Burkart et al., 2004). Beide Prozesse verlängern die Phase des Blatt- und Halmflächenwachstums in der Hoch-CO₂-Variante im Vgl. zur Normal-CO₂-Variante.

Literatur

- Burkart, S., R. Manderscheid, H.-J. Weigel, 2004. Interactive effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations and plant available soil water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *Eur. J. Agron.* 21, 401-417.
- Houghton Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (2001) *Climate Change 2001: The scientific basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change 2001, Cambridge University Press.

Drought Occurrence under Present and Future Climate

Miroslav Trnka¹, Zdeněk Žalud¹, Daniela Semerádová¹, Martin Dubrovský²,
Mark Svoboda³, Mike Hayes³, Donald Wilhite³ & Martin Možný⁴

Introduction

Drought is a common feature of any climate that has had significant impact on economy and life of many parts of the world, including Eastern and Central Europe, in recent decades (Smith et al., 1996). Whilst some parts of the European Union as e.g. Mediterranean region, are strongly affected by the arid character of the climate itself, Central Europe is often faced with so called “green” drought episodes. By its nature agriculture in this region is to a great extent depended on the moisture from precipitation and thus susceptible to the occurrence of prolonged dry events especially during growing season. With the projected global temperature increase, it is generally agreed that the global hydrological cycle will intensify and the weather extremes including drought will become or have already become more common. Although the recent occurrence of droughts in Central Europe (e.g. in 2000 or 2003) in these regions cannot be linked directly with human-induced climate change, the impacts of these drought events indicated the vulnerability of this area to the drought.

Material and methods

Out of four types of drought that are generally recognized (Heim 2002) we focused our attention on meteorological drought, which precedes the onset of the remaining three types i.e. agricultural, hydrological and socio-economic. As no drought definition is presently recognized as standard in the Czech Republic we used two drought indices i.e. *Standardized Precipitation Index* (SPI) (McKee et al., 1993) and *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) (Palmer, 1965) in order to quantify this extreme weather phenomenon. While the first index is based solely on precipitation data, the second one requires also temperature and characteristics of the soil profile. We have modified the calculation algorithms of both indices so they could be applied for the climate change studies. The core of the modification was in incorporation of a procedure relating the index parameters to the predefined time range (i.e. 1961-2000). This form of indices (called *relative SPI or PDSI*) then allowed comparing drought occurrence under expected climate conditions with the present state. At first step the values of the SPI and PDSI were derived for the present climatic conditions at 45 stations in the Czech Republic. Then 5 Global Circulation Models (GCMs) were used in order to estimate climate parameters for all weather stations and two SRES emission scenarios (i.e. B1 and A2) for the time slices of 2030-2069 and 2060-2099. Shifts of the drought indices values were calculated for individual sites and compared with the results obtained under the present climatic conditions.

Results and discussion

Overview of the results of PDSI and 1-month SPI calculations for the period 2060-2099 is presented at the Fig. 1a-b. As it is apparent from both charts the number of

¹ Institute of Agrosystems and Bioclimatology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic, mirek_trnka@yahoo.com

² Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic

³ National Drought Mitigation Center, School of Natural Resources, UN-Lincoln, USA

⁴ Czech Hydrometeorological Institute, Agrometeorological Observatory Doksany, CR

dry months during summer (June-August) will likely increase at all stations compared to the present state. According to the PDSI almost all lowland stations will experience drought (in the terms of 1961-2000 climate) during all summer months as the direct consequence of increased temperature and decreased precipitation (which are consistently predicted by all GCMs). Marked increase of drought episodes is depicted also in the higher altitudes especially by the PDSI, as the relatively low soil water holding capacity of these sites is taken into account by the index. Results of both indices for winter months are contradictory with SPI showing decrease of drought

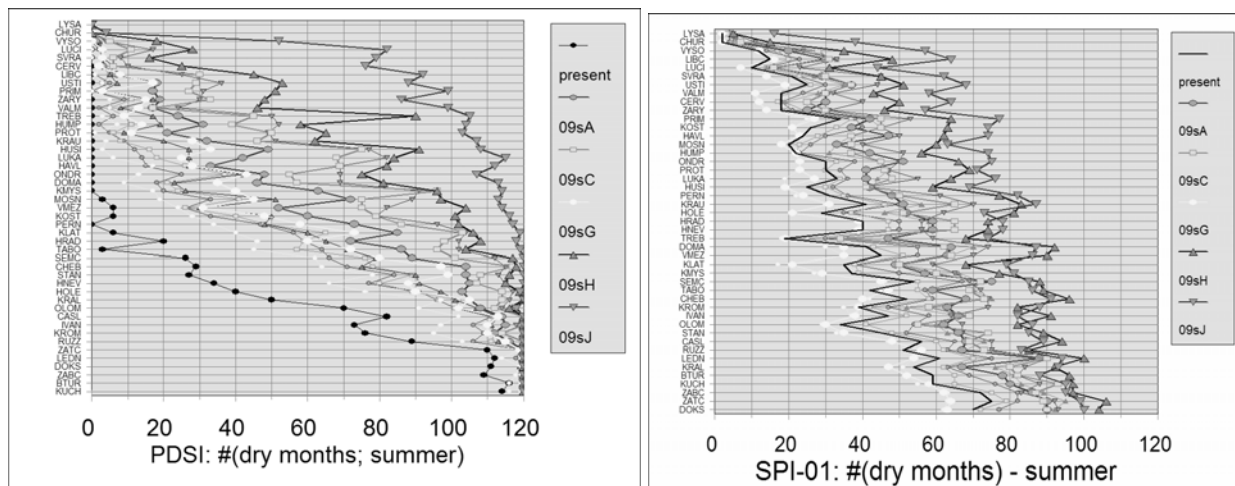


Fig. 1: The number of dry months during summer at 45 Czech stations with range of altitude 153-1322 m (vertical-axis) within 2060-2099 period as predicted by relative PDSI (a) and SPI (b) drought indices using 5 GCM scenarios and A2 SRES emission fulfillment. *Legend:* Present: # of dry months in 1961-2000; 09sA-CSIRO; 09sC-CGCM2; 09sG-GFDL30; 09sH-HadCM3; 09sJ-CCSR/NIES; *The stations are sorted according to the altitude from top (highest) to the bottom of the charts!*

episodes from December to February and PDSI showing significant increase of the drought events number. The different perception of winter droughts is related to the SPI focus only on precipitation. It is however obvious that marked deterioration in water availability during summer and high probability of drought will be inherent property of vegetation seasons (in the present understanding) during the second half of this century unless necessary actions in curbing carbon dioxide emissions are taken. Such an increase of drought events would negatively influence sustainability of the presently used farming systems and probably will be compensated only partly by positive effect of increased ambient carbon dioxide concentration on the water use efficiency of the crops and other plants in the landscape.

References

- Heim R.R., 2002: A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *BAMS* 2002, 1149-1165.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J.: 1993: The relationship of drought frequency and duration to some scales. *Preprints, Eight Conf. On Applied Climatology*, Anaheim, Amer. Meteor. Soc., 179-184
- Palmer, W.C., 1965: Meteorological drought. *Off. of Clim. Res. Pap.*, 45, U.S. Weather Bureau, 58 pp.
- Smith J.B., Huq S., Lenhart S., Mata L.J., Nemesova I., Toure S., 1996: *Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Interim Results from the U.S. Country Studies Program*. Kluwer AP, 366 pp.

Acknowledgement: This study was conducted with support of the National Agency for the Agricultural Research (project 1G46055 – “Mitigation of the drought impact on the selected crops...”). The methodology was developed within NATO Project “Drought as the limiting factor in cereal production” (EST. Collaborative Linkage Grant 979505).

Einsatz von Infrarot-Thermometern zur teilflächenspezifischen Erfassung von Trockenstress

Ulf Böttcher & Henning Kage*

Einleitung

Trockenstress während der Vegetationsperiode kann bei ausreichender Nährstoffversorgung der limitierende Faktor für Wachstum und Ertrag von Pflanzenbeständen sein. Als indirekte, flächenhaft anwendbare Methode zur Abschätzung der aktuellen Wasserverfügbarkeit bietet sich eine Messung der Bestandestemperatur mit Infrarotthermometern an. Mit Hilfe von Pflanzenwachstums- und Bodenwasserhaushaltsmodellen lässt sich das Auftreten von Trockenstress nachvollziehen und durch inverse Modellierung eine Schätzung der Bodenwasserparameter erreichen.

Ziel der Arbeit war die teilflächenspezifische Erfassung von Trockenstress sowie die Abschätzung der Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Ertrag.

Material und Methoden

In den Jahren 2003 bis 2005 wurden auf jeweils einem Winterweizen-Schlag auf dem Versuchsgut Hohenschulen bei Kiel flächenhafte Messungen der Bestandestemperatur durchgeführt. Dazu wurden Infrarot-Thermometer (Apogee) zusammen mit weiteren Sensoren zur Messung der meteorologischen Rahmenbedingungen (Einstrahlung, Lufttemperatur und –feuchtigkeit, Wind) auf einem Traktor montiert. Aus den gemessenen Daten wurde der Crop Water Stress Index (CWSI; Jackson et al. 1981) berechnet, der das Verhältnis von aktueller zu potentieller Evapotranspiration unter den gegebenen Witterungsverhältnissen ausdrückt.

An mehreren Messpunkten im Schlag wurden Biomasse und Blattflächenindex des Bestandes in wöchentlichen bis zweiwöchentlichen Intervallen mit destruktiven und nicht-destruktiven Methoden erhoben. Ab 2004 wurden an diesen Messpunkten auch Bodenwassergehalte mit TDR (time domain reflectometry) gemessen. Zur flächenhaften Abbildung des Pflanzenwachstums wurden regelmäßige Messungen der Reflektionsspektren des Bestandes mit dem FieldScan-Sensor (Yara) durchgeführt, aus denen Karten des Blattflächenindex abgeleitet wurden. Die Erträge wurden während der Ernte mit einer Ertragskartierung erfasst.

Die Messdaten wurden anschließend in einem gekoppelten Pflanzenwachstums- und Bodenwasserhaushaltsmodell benutzt, um Bodenparameter zu schätzen.

Ergebnisse und Diskussion

Das Wachstum des Pflanzenbestandes und der Ertrag sind auf dem glazigen geprägten, sehr heterogenen Standort in allen Jahren stark variabel. Aufgrund der Witterung mit regelmäßigen ausreichenden Niederschlägen trat in den Beobachtungsjahren nur selten ansatzweise Trockenstress auf. Dieser war räumlich stark variabel (Abb. 1), aber, vermutlich aufgrund der kurzfristigen Wirkung, nur wenig mit der Ertragsvariabilität korreliert.

Bei der Messung und Berechnung des CWSI ist zu beachten, dass die potentielle Evapotranspiration nach der Penman-Monteith-Gleichung berechnet wird, die von stationären Bedingungen ausgeht. Deshalb müssen die Eingangsgrößen Nettostrahlung und Windgeschwindigkeit über einen gewissen Zeitraum gemittelt werden und

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

sollten während der Überfahrt über das Feld möglichst konstant sein, da sich sonst Artefakte in der CWSI-Karte ergeben.

Mit dem Modell können die Zeitpunkte, zu denen Trockenstress auftritt, nachvollzogen werden (Abb. 2). Zur quantitativen Simulation der CWSI-Werte und der räumlichen Unterschiede muss die Zeitschrittweite des Modells jedoch von Tages- auf Stundenwerte verringert werden.

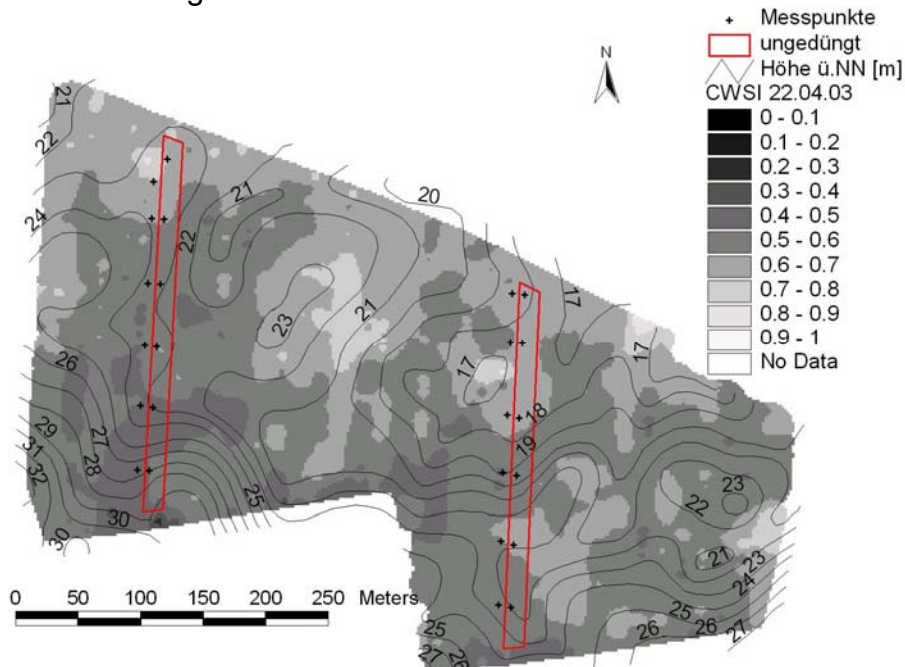


Abb. 1: Gemessener CWSI am 22. April 2003 auf dem Winterweizenschlag „Hüttenkrog“

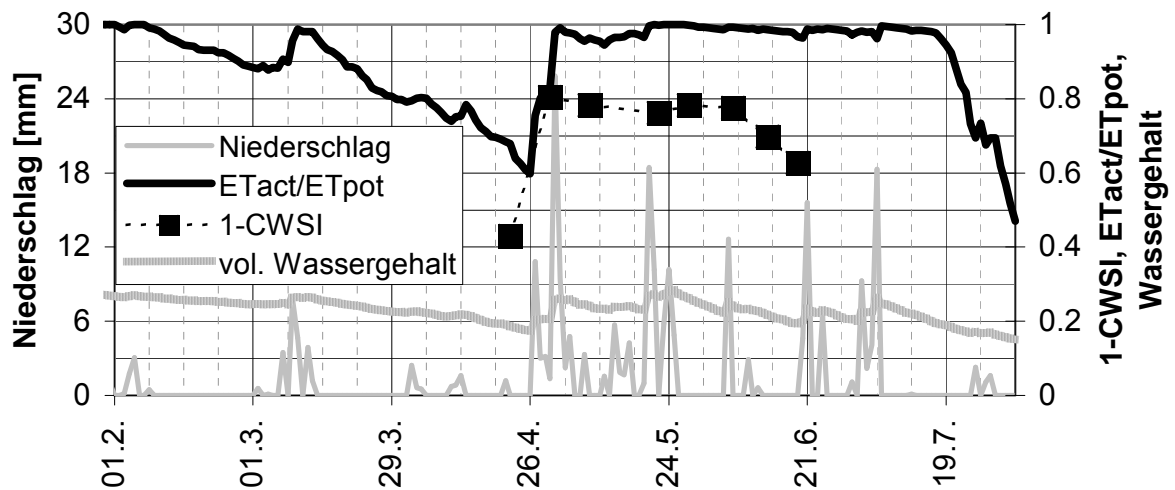


Abb. 2: Modellsimulation des Verhältnisses aktueller zu potentieller Evapotranspiration, Messdaten von (1-CWSI), Niederschlag und simulierte Wassergehalte in der Vegetationsperiode 2003

Literatur

Jackson, R. D., Idso, S. B., Reginato, R. J. and Pinter, P. J. Jr. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research* 17:1133.

Alterations of water relations and photosynthetic performance of durum wheat (*Triticum durum* L.) and maize plants (*Zea mays* L.) grown under natural and irrigated conditions

Linke, R.¹, Haumann, J.¹, Postl, W.¹, Schwarz K.¹, Eitzinger, S.³, Huber, K.³, Kaiser, G.², Rischbeck P.³, Schneider, W.² & Weihs, P.³

Introduction

Globally, of all food, wheat provides about 19% of dietary energy and 20% of protein. General circulation models of the atmosphere predict increases in global temperature in the range of 1,5 - 3°C by the end of the next century, which may in turn cause other changes in the patterns of precipitation and radiation. Drought stress is mostly strongly correlated to high temperatures and / or little precipitation causing a faster ontogenetic development and therefore a shortened grainfilling duration which can result in a reduction of grain quality (Li et al., 2000). The early and exact recognition of drought stress of crops is therefore of particular importance for sustainable crop production. The aim of the DROSMON-project (Crop Drought Stress Monitoring by Remote Sensing) is to adapt and to advance remote sensing based methods of drought stress detection and monitoring. Additional plant physiological measurements are used to adjust crop growth models.

Material and Methods

Cultivation of *Triticum durum* (cv. Floradur) and *Zea mays* (cv. Pollawax) was started in spring 2005. The experimental site is located in Vienna (Versuchsgarten Augarten) where two areas of 4,5m x 4,5m are available for crop growing per plant species. On one of the two areas plants are well irrigated ("irrigated") whereas on the other area plants were only irrigated until the first leaves were fully developed ("rainfed").

All physiological measurements were made on the youngest fully expanded leaf at three developmental stages (vegetative growth, flowering and grain filling period).

Leaf water potential (predawn and midday) was measured using a Scholander Bomb. For the calculation of relative and actual water content (RWC, AWC) fresh weight, weight after 24 hours of water saturation and dry weight of leaves has been detected (Larcher, 2003).

Chlorophyll content of leaves was determined using a SPAD-502 hand chlorophyll meter (Minolta). Absolute chlorophyll content per leaf area was calculated from spectrophotometer readings (Beckman, USA). Using a modulated fluorescence meter (PAM-2000, Walz, Germany) rapid light curves (RLC) were made, which reflect the chlorophyll fluorescence induction kinetics during increasing light intensities.

Results and Discussion

Leaf water potential of *T. durum* decreased (more negative) during ontogeny (rainfed: -39%; irrigated: -25%). The difference between leaf water potential of rainfed and irrigated plants was smaller at predawn and increased during the day. At the vegetative

¹ Department of Ecophysiology and Functional Anatomy of Plants, Faculty of Life Sciences, University of Vienna.

² Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information, Department of Landscape, Spatial and Infrastructure Sciences, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.

³ Institute of Meteorology, Department of Water, Atmosphere and Environment, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.

growth stage midday water potential of rainfed plants was only slightly lower (12%) than that of irrigated plants compared to flowering where the midday water potential was lowered by 65%. This enormous decrease of midday water potential can be ascribed to the water stress situation the rainfed plants suffered from (soil water content at vegetative growth: 17 vol%, at flowering: 7 vol%).

RWC of wheat leaves declined from vegetative growth stages to flowering. However, the difference between irrigated and rainfed plants increased. AWC showed, like the RWC, a reduction from vegetative growth stages to flowering, whereby these reductions were more pronounced than those of the RWC. Rainfed plants had generally lower AWC than irrigated plants which can be explained by a continuous decrease of soil water content due to very little precipitation. The difference between RWC and AWC of leaves was higher at later stages of development which is due to a smaller difference between fresh and dry weight as well as to a lower ability of leaves to saturate with water. Irrigated plants exhibited a higher ability to saturate with water which could be ascribed to thicker cell walls of rainfed plants causing a lower ability for cell wall expansion due to water uptake.

Light saturated electron transport rates calculated from RLC did not show significant differences between treatments or during ontogeny (mean: $108 \mu\text{mol e}^- \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Moreover, total chlorophyll content was similar in rainfed and irrigated wheat plants during vegetative growth stage (mean: $36 \mu\text{g Chl} \cdot \text{cm}^{-2}$). Increase of leaf chlorophyll content during development was less pronounced in rainfed *T. durum* plants (rainfed: +54%, irrigated: +72%).

Acknowledgment: This research is financially supported by the Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF, Austria; grant number P17647-N04).

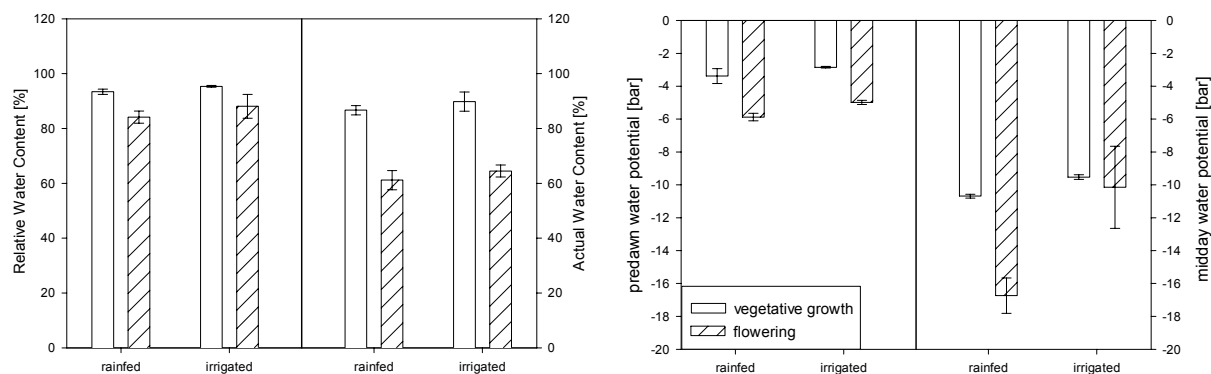


Fig. 1.: left: RWC and AWC; right: leaf water potential at vegetative growth and flowering of *T. durum* plants (n= 3-5; p= 0,1).

Literature

Li A.-G., H. Y.-S., Wall G. W., Trent A., Kimball B. A., Pinter P. J., (2000). "Free-Air CO₂ enrichment and drought stress effects on grain filling rate and duration in spring wheat." *Crop Science* 40: 1263 - 1270.

Larcher W. (2003). "Physiological Plant Ecology - Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups" Springer (4th edition)

Einfluss der Wasserversorgung auf den Biomasse- und Biogasertrag von Energiemais

Siegfried Schittenhelm¹⁾, Peter Weiland²⁾ & Heinz Sourell³⁾

Einleitung

Als C4-Pflanze besitzt Mais eine gute Wassernutzungseffizienz. Allerdings ist die absolute Höhe des Wasserbedarfs bei einem züchterisch angestrebten Ertrag von 30 t Trockenmasse (Landbeck und Schmidt, 2005) auch sehr hoch. Legt man einen Evapotranspirationskoeffizienten von $350 \text{ L kg}^{-1} \text{ TM}$ zugrunde, dann errechnet sich für den vorgenannten Ertrag ein Wasserbedarf von 1050 L m^{-2} . Bezüglich der Frage nach dem optimalen Sortentyp ist Degenhardt (2005) der Auffassung, dass Mais-sorten für die Biogasproduktion aus Gründen der Anbausicherheit maximal 50 Reife-einheiten über ortsüblichem Silomais liegen sollten. Landbeck und Schmidt (2005) hingegen streben einen völlig neuen Pflanzentyp an, der, anstatt Kolben auszubilden, die gesamten Assimilate in zusätzliche vegetative Masse (Blätter und Stängel) investiert. Im Rahmen dieser Arbeit soll geklärt werden

- welche Biomasseerträge und Gasausbeuten sich mit späten Maisformen auf einem leichten Standort in Norddeutschland erzielen lassen und
- ob die größere Blattfläche von Energiemais-Prototypen zu einer höheren Netto-photosynthese führt oder ob die zusätzliche Blattfläche, aufgrund stärkerer Beschattung der unteren Blattetagen, lediglich eine photosynthetisch unproduktive Verdunstungsfläche darstellt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Jahr 2004 am Standort Braunschweig als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen in 120 m^2 großen Parzellen durchgeführt. Die Wasserregime (natürlicher Niederschlag bzw. $>50\%$ nFk in 0-60 cm Bodentiefe) waren den Großteilstücken und die Sorten [Gavott (S250), Mikado (S500) und Doge (S700)] den Kleinteilstücken zugeordnet. Beginnend mit der männlichen Blüte (27. Juli) erfolgten in etwa zweiwöchigem Abstand insgesamt 8 Zeiternten. Mit dem Erntematerial aus 4 dieser Zeiternten wurden diskontinuierliche Gärversuche (20 L, $37 \text{ }^\circ\text{C}$, 70 Tage) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Niederschläge im Mai, Juni und Oktober lagen unter dem langjährigen Mittelwert (-12 , -30 bzw. -29 mm), diejenigen in der Hauptwachstumszeit Juli, August und September hingegen darüber ($+58$, $+16$ bzw. $+38 \text{ mm}$). Von der Aussaat bis zur letzten Zeiternte fielen $384 \text{ L Regen m}^{-2}$. Mittels Tropfschläuchen wurden 8 zusätzliche Wassergaben von insgesamt 84 L m^{-2} verabreicht. Die Energiemais-Prototypen Mikado und Doge hatten in den zusätzlich bewässerten Parzellen einen um 63 und 54% höheren maximalen Blattflächenindex als die konventionelle Sorte Gavott (BFI = 9,1 und 8,6 versus 5,6; vgl. Abb. 1). Obgleich die drei Sorten aus stark unterschiedlichen Reifegruppen stammen erreichten sie die 95% PAR-Interzeption annähernd zur gleichen Zeit. Mikado und Doge zeigten eine verzögerte Abreife und mithin längere Blattflächendauer als Gavott. Mais erreicht die maximale Interzeption photo-

¹⁾ Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

²⁾ Institut für Technologie und Biosystemtechnik, FAL

³⁾ Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, FAL

synthetisch aktiver Strahlung bereits ab einem BFI von ca. 5. Deshalb hat vermutlich die verzögerte Abreife und nicht der auf einer höheren Blattzahl und Blattgröße beruhende höhere BFI der beiden Energiemais-Prototypen zu der höheren Assimilationsleistung beigetragen. Bei der Ernte hatten die berechneten im Vergleich zu den unberechneten Parzellen einen lediglich geringfügig höheren oberirdischen TM-Ertrag von 4% bei Gavott, 6% bei Mikado und 7% bei Doge. In diesem ersten Versuchsjahr mit geringem Trockenstress scheint sich der höhere Blattflächenindex der beiden Energiemais-Prototypen nicht negativ auf den Ertrag ausgewirkt zu haben. Die Methanausbeuten stiegen während der Vegetationsperiode bei allen drei Sorten linear an (Abb. 2). Bei der vorletzten Zeiternte (19. Oktober) erbrachten die Sorten Gavott, Mikado und Doge Methanerträge von 7.012, 8.168 bzw. 9.074 L ha⁻¹. Der vorliegende Versuch wird in den kommenden Jahren unter Einbeziehung verschiedener Sorten unterschiedlicher Reifegruppen weitergeführt.

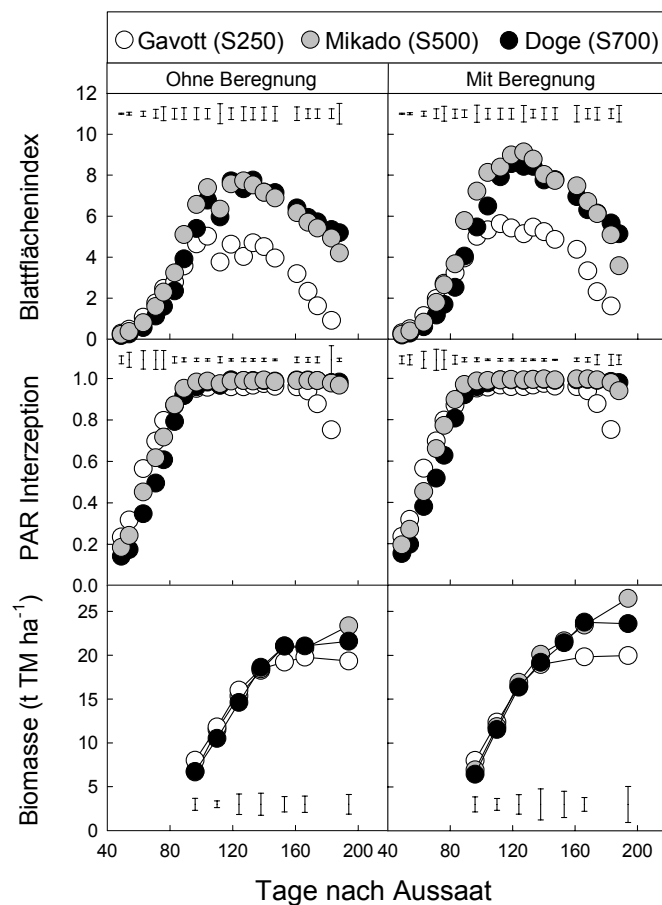
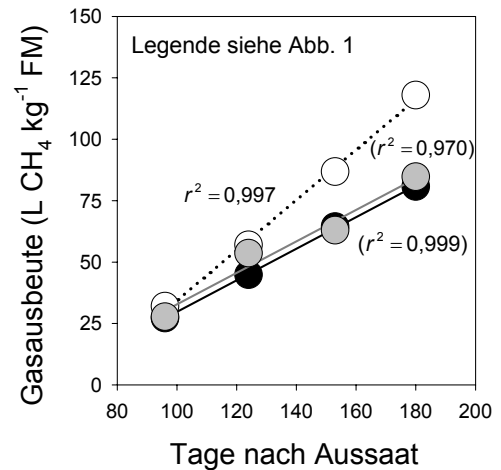


Abb. 1 (links): Entwicklung von Blattflächenindex, PAR-Interzeption und Biomasseertrag von drei Maissorten mit extrem unterschiedlicher Reifezeit.

Abb. 2 (unten): Methanausbeuten von drei Maissorten (mit Zusatzbewässerung).



Literatur

- Degenhardt, H. (2005): Optimierung des Biogasertrages durch angepasste Maissorten und richtiges Anbaumanagement. International Energy Farming Congress, 2.-4. März 2005, Papenburg.
- Landbeck, M., W. Schmidt (2005): Energiemais – Ziele, Strategien und erste Züchtungserfolge. International Energy Farming Congress, 2.-4. März 2005, Papenburg.

Simulation des Wasserverbrauches und des Ertrages von Getreide im Regenfeldbau in Syrien

Ammar Wahbi* & Elmar Stenitzer**

Einleitung

Die Bevölkerung Syriens weist mit 3.4 % eine der höchsten Wachstumsraten auf: so stieg die Zahl der Einwohner von 5.3 Mio im Jahre 1965 auf 17.4 Mio. im Jahre 2003! Trotzdem ist es bis jetzt gelungen, eine weitgehende Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln zu erreichen. Infolge des mediterranen Klimas mit niederschlagsreichem Winter und trockenen, heißen Sommermonaten wird die Pflanzenproduktion durch die Verfügbarkeit von Wasser zur Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen begrenzt. Die bewässerte Fläche beträgt allerdings lediglich ein Viertel der ackerbauulich genutzten Fläche; drei Viertel (rund 3.6 Mio. ha) werden im Regenfeldbau bewirtschaftet (Waad 2002) bei Niederschlägen zwischen 200 und 600 mm/Jahr. Große Anstrengungen werden deshalb unternommen, um besser angepasste Getreidesorten zu züchten, bzw. Anbaumethoden und Fruchtfolgen zu einer möglichst effektiven Ausnutzung des Niederschlagangebotes zu entwickeln. Für die Übertragung der bei solchen Feldversuchen gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse auf andere Standorte bzw. für die Erweiterung auf einen längeren Zeitraum mit unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen können Simulationsmodelle einen wichtigen Beitrag liefern. Zu diesem Zwecke wird das im Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen entwickelte Pflanzenwachstums- und Bodenwasserhaushalts-Modell SIMWASER (Stenitzer 2004) hinsichtlich seiner Anwendbarkeit für die oben genannten Fragestellungen in Zusammenarbeit mit dem Soil Science Department der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Aleppo anhand von Messdaten aus Syrien erprobt bzw. weiterentwickelt. Die vorliegende Arbeit umfasst eine Kurzbeschreibung des Modells sowie die Darstellung eines ersten Anwendungsbeispiels.

Material und Methoden

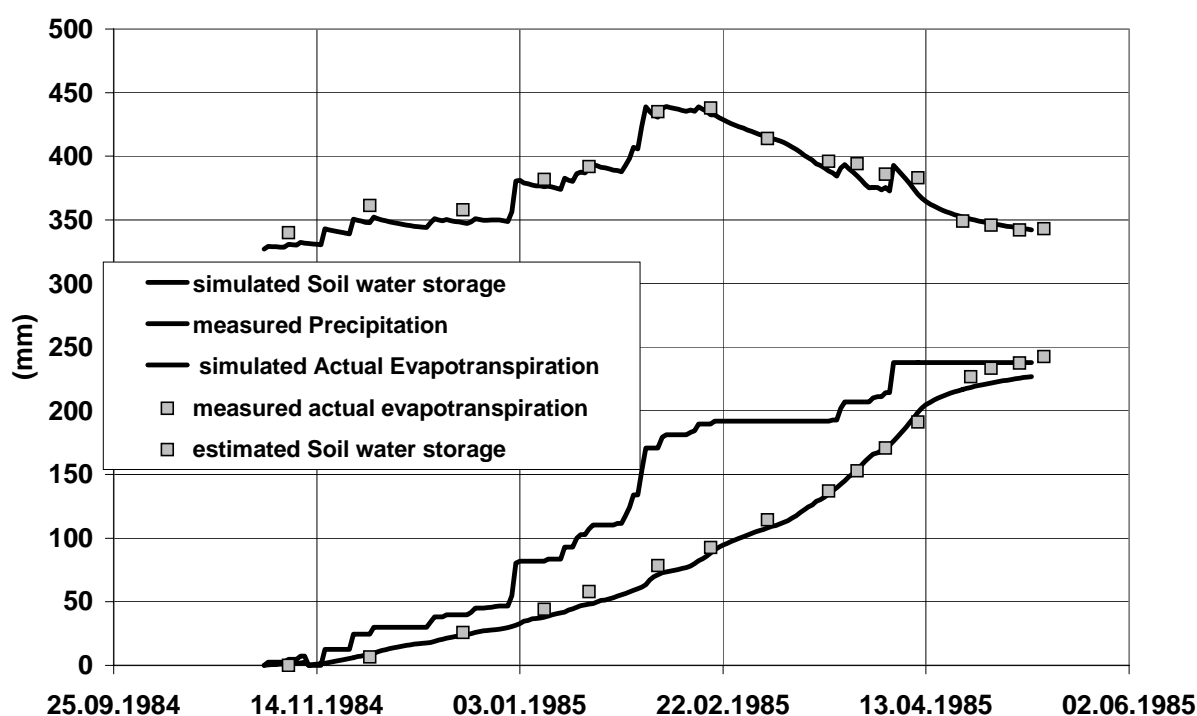
Das Simulationsmodell SIMWASER basiert auf dem Gasaustausch eines Blattes, bei welchem die Assimilation (bzw. die Kohlendioxid-Aufnahme) und die Transpiration (bzw. die Wasserabgabe) gleichzeitig über die Spaltöffnungen stattfinden. Wenn nicht genügend Wasser von den Pflanzenwurzeln aus dem Boden nachgeliefert werden kann, um den Wasserverlust durch die geöffneten Stomata ersetzen zu können, schließen sich diese, sodass die Kohlendioxid-Aufnahme eingestellt und damit die Bildung von Pflanzenmaterie unterbunden wird. Die tägliche aktuelle Assimilation verhält sich zu ihrem potentiellen Wert wie die aktuelle zur potentiellen Transpiration. Diese kann aus der Lufttemperatur, der Globalstrahlung, der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit berechnet werden, während die potentielle Assimilation aus der Lichtkurve der jeweilig simulierten Kultur als Funktion der Temperatur und der Globalstrahlungs-Intensität abgeleitet wird. Die aktuelle Transpiration schließlich wird vom Bodenwasserhaushalt des Standortes, also insbesondere durch die Niederschläge, die Verdunstung an der Bodenoberfläche, die Versickerung (oder den kapillaren Wasseraufstieg) an der Profiluntergrenze und durch den Wasserentzug der Wurzeln in den durchwurzelten Bodenschichten bestimmt, wobei als Bodeneigen-

* Soil Science Department, University of Aleppo, Syrien **Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen, Österreich

schaften dessen Speicher- und Wasserleitungsvermögen und seine Durchwurzelbarkeit und als Pflanzeigenschaften deren Wurzeltiefe, Wurzeldichte und Wurzel-Typ in Betracht gezogen werden. Als Anwendungsbeispiel wird der Ertrag und der Wasserverbrauch von Gerste in Breda, Syrien ($36^{\circ}56' N$, $37^{\circ} 10' E$) im Winterhalbjahr 1984/85 berechnet: der Anbau der Gerste erfolgte am 12. November auf einem tiefgründigen Lehmboden nach den ersten Winter-Niederschlägen ab Mitte Oktober von insgesamt etwa 30 mm. Bis 5. April 1985 fielen weitere 238 mm; die Ernte am 9. Mai 1985 ergab einen Kornertrag von etwa 2.5 t/ha.

Ergebnisse und Diskussion

Wie die nachfolgende Grafik zeigt, konnte mit SIMWASER der Bodenwasserhaushalt und der Wasserverbrauch der Gerste gut nachvollzogen werden; der aus der simulierten oberirdischen Gesamttrockenmasse von 7200 kg/ha mit einem Ernteindex von 0.4 abgeleitete rechnerische Kornertrag liegt mit 2.9 t/ha in der gleichen Größenordnung wie der Messwert. Das Modell scheint also grundsätzlich für die Fragestellungen in diesem ariden Klimagebiet anwendbar zu sein, allerdings müssen für die geplante Anwendung bei der Extrapolation von Feldversuchen auf unterschiedliche Standorte noch eine Reihe weiterer Testläufe anhand von Messdaten durchgeführt werden.



Literatur

- STENITZER, E. 2004: SIMWASER – A numerical model on soil water balance and plant growth. IKT-Report No. 5. Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, A-3252 Petzenkirchen.
- WAHBI, A. & T. R. SINCLAIR 2005: Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. *Field Crops Research*, Volume 91, 287-296.
- WAAD, Y.I. (2002): Syria – Overview (Geography, Socio-economy, Climate). http://www.fao.org/ag/agl/swlwpnr/reports/y_nr/z_sy/sy.htm#overview

Auswirkungen der Beregnung von Kartoffeln in Abhängigkeit der Stallmistdüngung auf den Ertrag, die Qualität sowie die Verarbeitungseignung zu Pommes frites und Chips

Tanja Krause¹⁾, Herwart Böhm¹⁾, Ralf Loges²⁾, Friedhelm Taube²⁾ & Norbert U. Haase³⁾

Einleitung

Ökologisch erzeugte Kartoffeln, die zur Verarbeitung zu Pommes frites oder Chips genutzt werden sollen, müssen besondere Qualitätseigenschaften aufweisen. So wird beispielsweise ein mittlerer bis hoher Stärkegehalt bei gleichzeitig niedrigen Gehalten an reduzierenden Zuckern von der verarbeitenden Industrie gefordert. Um den Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, ist neben einer ausgewogenen Düngung gerade auf leichten Böden auch eine ausreichende Wasserversorgung entscheidend, die oft nur über Beregnung sichergestellt werden kann. Unter den Fragestellungen, ob organischer Dünger (Stallmist) durch die Beregnung besser von den Verarbeitungskartoffeln ausgenutzt werden kann und inwiefern Ertragsstruktur und die Qualitätsparameter von Verarbeitungskartoffeln beeinflusst werden, wurde auf einem leichten Standort bei Hamburg im Jahr 2003 ein Feldversuch durchgeführt.

Material und Methoden

Der Beregnungsversuch wurde im Jahr 2003 auf dem Biolandbetrieb Wulksfelde (IS, BP 28) bei Hamburg als split-plot Anlage in vierfacher Wiederholung mit den Hauptfaktoren Beregnung (mit, ohne), Stallmistdüngung (0,80,160 kg N_i/ha) und Sorte (Agria, Marlen) angelegt. Unmittelbar vor dem Pflanzen der vorgekeimten Kartoffeln wurden die entsprechenden Stallmismengen von Hand ausgebracht und eingefräst. Die Beregnung wurde im Juli 2003 wöchentlich mit jeweils 25 bis 30mm durchgeführt. Die weitere Bewirtschaftung des Versuchs erfolgte unter ortsüblichen Gegebenheiten. Von jeder Parzelle wurden zum einen die Ertragsdaten (Gesamtertrag, Sortierung), zum anderen an der BFEL³⁾ in Detmold sowohl nach Ernte wie nach einer 4-monatigen Lagerperiode qualitative Parameter wie Stärke (mittels UWG) und Gehalt an reduzierenden Zuckern (enzymatisch) erhoben. Zusätzlich wurden Unterproben von jeder Parzelle zu Pommes frites (Sorte Agria) und zu Chips (Sorte Marlen) verarbeitet. Die Pommes frites wurden von 3-5 Personen nach einem Prüfschema bewertet (Höchstnote 5). Die Qualitätsbewertung der Chips erfolgte mittels einer instrumentellen Messung der Produktfarbe (L-Wert).

Ergebnisse und Diskussion

Unabhängig von der Düngung konnte durch die Beregnung ein signifikanter Mehrertrag von 6 bis zu 13 t/ha bei beiden Sorten erzielt werden (Tab.1). Auch bei den Knollengrößen wirkte sich die Beregnung positiv aus. Die Verarbeiter von ökologisch erzeugten Kartoffeln fordern für die Verarbeitung zu Pommes frites eine Mindestknollengröße von 35 mm, wobei der Anteil > 50 mm mindestens 50 % betragen soll.

¹⁾ Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau

²⁾ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

³⁾ Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), Schützenberg 12, 32756 Detmold

Mit Beregnung lag der Anteil der Knollen >50mm im Durchschnitt der beiden Sorten bei 69% am Gesamtertrag und ohne Beregnung signifikant geringer bei 59 %. Die Nährstoffe aus der Stallmistdüngung konnten offenbar über die Beregnung besser von der Pflanze genutzt werden, da zum einen bei den gedüngten Varianten im Vergleich zur ungedüngten ein höherer Mehrertrag vorlag und zum anderen auch der

Tab.1: Gesamtertrag und Sortieranteil >50mm getrennt nach Düngungsstufe und Beregnung im Durchschnitt der beiden Sorten

Stallmistdüngung	Beregnung	Ges.ertrag (t/ha)	Mehrertrag d. Beregn.	>50 mm (%)	Zunahme d. Beregn.
0 kg N/ha	ja	45 b	15,6%	64 b	8%
	nein	38 c		56 c	
80 kg N/ha	ja	51 a	19,6%	72 a	10%
	nein	41 c		62 bc	
160 kg N/ha	ja	48 ab	20,8%	73 a	13%
	nein	38 c		60 bc	

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

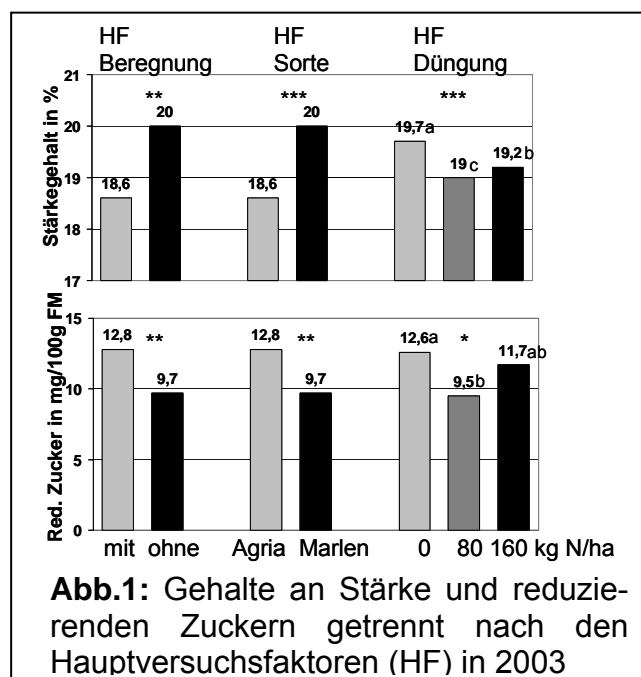
Anteil der Knollen >50mm stärke zunahm (Tab. 1).

Bei den inneren Qualitätsparametern (Stärke, red. Zucker) lagen ebenfalls signifikante Unter-

schiede für die Hauptfaktoren vor (Abb.1). Mit Stärkegehalten von um die 19 % konnten die geforderten Richtwerte von 14-18 % bei Pommes frites- Verarbeitung und 16-20 % bei Chipsverarbeitung erreicht werden. Nach Schuhmann (1999) führt ein geringeres Wasserangebot zu erhöhten Stärkegehalten wie es auch hier signifikant der Fall war. Ein hohes Wasserangebot bewirkt dabei einen Verdünnungseffekt,

der sich in niedrigeren Stärkegehalten zeigt. Auch bei der Stallmistdüngung konnte ein signifikanter Einfluss auf den Stärke- und Zuckergehalt beobachtet werden. Zu erklären ist dieses möglicherweise dadurch, dass eine steigende N-Versorgung zu einer Herabsetzung anderer wichtiger Nährelemente (K, P) führt, die mitverantwortlich für die Stärkesynthese in den Knollen sind.

Nach der Lagerung stiegen sowohl der Stärkegehalt wie auch der Gehalt an reduzierenden Zuckern leicht an. Die Zuckergehalte blieben jedoch deutlich unter den geforderten Höchstwerten von 150 bzw. 300 mg/100g FM. Bei der qualitativen Bewertung der Produkte waren sowohl nach



Ernte als auch nach Lagerung mit einem Qualitätsindex um 4 bei Pommes frites nur geringe Mängel zu verzeichnen. Auch die Messung der L-Werte zeigte, dass die Kartoffeln der Sorte Marlen nach Ernte und Lagerung für die Chipsproduktion geeignet waren.

Literatur

Schuhmann, Peter 1999: Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung. Gießen: Köhler Offset GmbH, 208 p, ISBN 3-86037-096-0

Konzeption von bodenhydrologischen Feldmessstellen für pflanzenbauliche Fragestellungen

G. Bodner*, Alexandra Strauss-Sieberth**, W. Loiskandl** & H.-P. Kaul*

Einleitung

Die Kenntnis der Wasserbilanz ist besonders unter wasserlimitierten Bedingungen für die Gestaltung eines pflanzenbaulichen Bodennutzungssystems von Bedeutung. Mit Hilfe bodenhydrologischer Feldmessstellen werden die zeitliche Änderung des

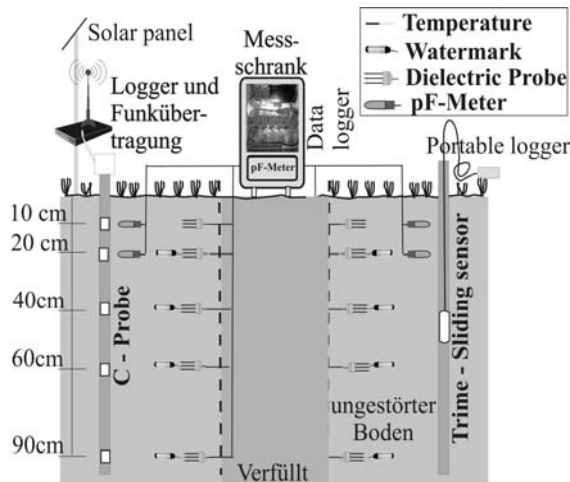


Abb. 1: Schema der Feldmessstelle Hollabrunn

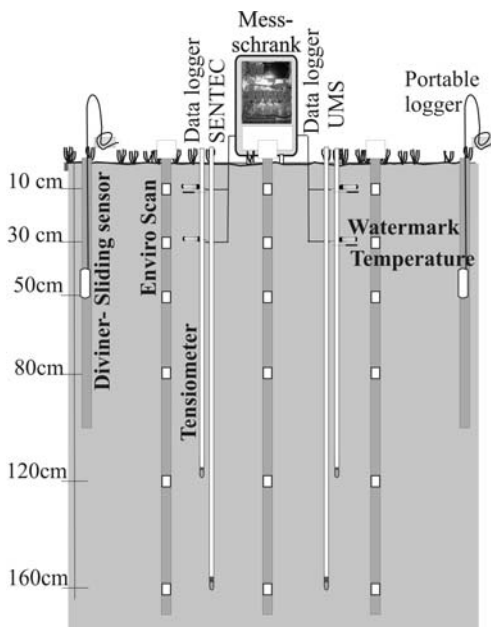


Abb. 2: Schema der Feldmessstelle Raasdorf

Wasseranteils und der Wasserspannung gemessen. Der Verwendung geeigneter Messtechnik kommt dabei besonderer Bedeutung zu, um die untersuchten Faktoreinflüsse auf die Bodenwasserdynamik zu erfassen (Loiskandl & Klik 1998). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es anhand zweier Beispiele Konzept, Aufbau und Ausstattung bodenhydrologischer Feldmessstellen für pflanzenbauliche Fragestellungen darzustellen.

Material und Methoden

Die Messstellen wurden im Rahmen von Feldversuchen im pannonischen Trockengebiet Ostösterreichs eingerichtet. Hollabrunn weist eine mittlere Jahrestemperatur von 9,4°C und einen mittleren Niederschlag von 491 mm auf. Der Bodentyp ist ein tiefgründiges Tschernosemkolluvium (pH 7,6; Humus 1,8 %). Der Standort Raasdorf weist im Jahresmittel Temperaturen von 9,8 °C und einen Niederschlag von 546 mm auf. Der Boden ist ein Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten (pH 7,6; Humus 2,2 %). Zielsetzung des Versuches in Hollabrunn ist die Untersuchung des Einflusses von Zwischenfrüchten auf die Wasserbilanz. Im Projekt Biofix (Raasdorf) wird der Wasserverbrauch und die N-Fixierleistung von Leguminosen unter Trockenbedingungen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 und 2 zeigen die Feldmessstellen hinsichtlich Sensorausstattung und Tiefenprofil. Grundlage des Messstellenaufbaus ist das Konzept des „virtuellen Lysimeters“ (Kastanek et al. 2002), das bei minimaler Störung des Bodens die Be-

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

** Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 Wien

schreibung der Bodenwasserdynamik durch kontinuierliche Wasseranteils- und Wasserspannungsmessung erlaubt. Beide Feldversuche sind zusätzlich mit Klimastationen ausgestattet, die die Beschreibung der oberen Randbedingung (Niederschlagsinput und potentielle Evaporation nach Penman) ermöglichen.

Die Sensorausstattung (Tab. 1) umfasst sowohl punktförmige Sensoren als auch Rohrsonden. Die Wasseranteilmessung erfolgt über kapazitive Sensoren (C-Probe bzw. EnviroScan). Bei der Messstelle Hollabrunn werden zusätzlich Vergleichsmessungen über mittels Profilgrube direkt in den Boden eingebrachte FDR-Sensoren (Hydra-Probe) durchgeführt. Die räumliche Variabilität des Wasseranteils wird durch wöchentliche Messungen auf allen Parzellen erreicht. Dabei kommen TDR-Rohrsonden (Trime FM3) bzw. FDR-Sonden (Diviner) zum Einsatz.

Tab. 1: Sensorausstattung der Feldmessstellen

	Hollabrunn	BIOFIX
Sensoren		
<i>Wasserspannung</i>	Watermark pF-Meter	Watermark Tensiometer T4/T8
<i>Wasseranteil</i>	C-Probe Hydra-Probe TRIME FM3	EnviroScan Diviner
Messintervall	10 Minuten	30 Minuten
Räumliche Variabilität	TRIME (wöchentlich)	Diviner (wöchentlich)

Das Tiefenprofil der Sensoren ergibt sich aus der zugrunde liegenden Fragestellung. Der Zwischenfruchtversuch soll vor allem die Wasserbewegung im Hauptwurzelbereich erfassen. Daher wurden die Wasserspannungssensoren im Krümmenbereich in geringeren Tiefenintervallen angeordnet. Die maximale Tiefe ist 90 cm. Die besonders tief wurzelnde Luzerne als Leguminosenvariante im Projekt Biofix erfordert eine größere Sensortiefe zur Beobachtung der Wasserbewegung zur Wurzel bzw. unter den Wurzelraum. In den tieferen Bodenschichten wurden dazu Tensiometer verwendet. Schwierigkeiten bereitet im Trockengebiet die Messung der Wasserspannung im Oberboden, da diese häufig über dem Tensiometerbereich liegt. Watermark-Sensoren auf der Basis einer Widerstandsmessung sind eine Alternative, weisen jedoch auch Nachteile auf (Kastanek 1996). Daher werden derzeit am Standort Hollabrunn in der obersten Messtiefe neuen Sensoren der Firma Ecotech (pF-Meter) auf der Basis der molaren Wärmekapazität getestet. Zum Vergleich der Messdaten wurden in drei Parzellen in 20 cm Messtiefe sowohl Watermark-Sensoren also auch pF-Meter eingebaut. Bodentempertursensoren sind zur Korrektur der Widerstandsmessung der Watermark-Sensoren notwendig.

Feldmessstellen auf der Basis des Konzepts des „virtuellen Lysimeters“ ermöglichen die Bestimmung der Größen der Wasserbilanz durch Messung des Wasseranteils und der Wasserspannung. Die Sensorenwahl und -anordnung ist sowohl vom Stand-ort als auch der zugrunde liegenden Fragestellung abhängig. Laborkalibration, gravimetrische Vergleichsmessungen des Wasseranteils sowie die Berücksichtigung der räumlichen Variabilität sind dabei für eine verlässliche Dateninterpretation notwendig.

Feldmessstellen auf der Basis des Konzepts des „virtuellen Lysimeters“ ermöglichen die Bestimmung der Größen der Wasserbilanz durch Messung des Wasseranteils und der Wasserspannung. Die Sensorenwahl und -anordnung ist sowohl vom Stand-ort als auch der zugrunde liegenden Fragestellung abhängig. Laborkalibration, gravimetrische Vergleichsmessungen des Wasseranteils sowie die Berücksichtigung der räumlichen Variabilität sind dabei für eine verlässliche Dateninterpretation notwendig.

Literatur

- Kastanek, F. 1996: Kritische Bemerkungen zur Bestimmung der Wasserspannung im Boden mit der Blockmethode. Die Bodenkultur 47: 223-233.
- Kastanek, F., G. Hauer und W. Loiskandl 2002: The concept of virtual lysimeters to measure groundwater recharge and evapotranspiration. In: Singh, V.P., M. Al-Rashed, M.M. Sherif (Eds.): Surface Water Hydrology, Vol. 1. Proceedings of the International Conference on Water Resources Management in Arid Regions, March 23-27, 2002, Kuwait, Lisse.
- Loiskandl W. und A. Klik 1998: Erfahrung mit Feldmessstellen, Anwendung und Dateninterpretation, Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 9/10: 226-233.

Wasserhaushaltsmessungen in ökologisch bewirtschafteten Leguminosenbeständen im Trockengebiet Ostösterreichs

G. Pietsch¹, J. K. Friedel¹, T. Rinnofner¹, A. Strauss-Sieberth², W. Loiskandl²,
S. B. Kikuta³ & B. Freyer¹

Einleitung

Leguminosen als Haupt- und Zwischenfrüchte sind im ökologischen Landbau die wichtigste Quelle für die N-Versorgung der Fruchtfolge. Darüber hinaus besitzen sie eine Reihe weiterer Eigenschaften, z. B. große Wurzelmasse, Exsudatabgabe zur Mobilisierung von Nährstoffen wie P oder Symbiosen mit Mykorrhizapilzen und phytosanitäre Effekte, die ihren hohen Vorfruchtwert ausmachen. Gerade im Trockengebiet sind Trockenheitsresistenz und Wasserverbrauch von Leguminosen von großer Bedeutung. Bei geringer Wasserversorgung können Arten bzw. Sorten mit besserer osmotischer Anpassung höhere Erträge und Stickstoff-Fixierleistungen erreichen. Hoher Wasserverbrauch durch Leguminosen kann erwünscht sein, beispielsweise um die Nitratverlagerung und –auswaschungsgefahr zu vermindern, kann aber auch ungünstig sein, wenn dadurch die den Nachfrüchten zur Verfügung stehende Wassermenge reduziert wird.

Ziel der Untersuchungen war einerseits, die Resistenz verschiedener Luzerne-Sorten gegenüber Trockenstress festzustellen (Versuch 1). Die Luzerne ist die im pannonischen Klimagebiet Ostösterreichs bedeutendste, als Hauptfrucht genutzte Futterleguminose. Andererseits sollten Zwischenfruchtgemenge mit unterschiedlichem Leguminosenanteil hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt verglichen werden (Versuch 2).

Material und Methoden

Das Marchfeld ist eine intensive Ackerbauregion im pannonischen Osten Österreichs. Diese Region ist durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter geprägt (mittlere Jahrestemperatur 9,8 °C, mittlere Niederschlagssumme 550 mm). Die Versuche wurden auf Versuchsflächen der Universität für Bodenkultur Wien, in Raasdorf ca. 5 km östlich von Wien durchgeführt. Beide Versuche - Resistenz von Luzerne-Sorten gegenüber Trockenstress = Versuch 1, Zwischenfruchtgemenge mit unterschiedlichem Leguminosenanteil = Versuch 2 (siehe dazu Beitrag von Rinnofner et al. in diesem Band) - wurden als randomisierte Blockanlagen in 4-facher Wiederholung angelegt. Als ein Maß für die Stressresistenz in Trockenphasen wurde in Versuch 1 parallel zu den Bodenwasserhaushaltsmessungen das Gesamtwasserpotential (Ψ_t) der Luzerne-Sorten mit der Druckkammermethode (Scholander et al., 1965) ermittelt. Anhand von Druck-Volumen(pV)-Kurven (Beziehung zwischen dem Gesamtwasserpotential und dem relativen Wassergehalt eines lebenden Pflanzenorgans) wurden Erkenntnisse über die osmotischen und elastischen Verhältnisse der Luzerne-Sorten gewonnen.

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien; gabriele.pietsch@boku.ac.at

² Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien

³ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Integrative Biologie, Institut für Botanik, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien

Die aktuelle Evapotranspiration (ETa) der Leguminosen wurde in Versuch 1 und 2 nach Penman-Monteith (Smith et al., 1992) geschätzt. Die benötigten klimatischen Größen (z.B. Niederschlag, Temperatur, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte) wurden von einer Wetterstation der Universität für Bodenkultur am Standort aufgezeichnet. In beiden Versuchen wurde die klimatische Wasserbilanz nach Ehlers (1997) aufgestellt: **Niederschlag + Bewässerung = Transpiration + Evaporation + Oberflächenabfluss + Sickerung + Veränderung des Bodenwasservorrats**. Der Oberflächenabfluss kann vernachlässigt werden, da die Fläche nahezu eben ist. Die Messung des Bodenwassergehalts erfolgte in Versuch 1 mittels Enviroskan-Sensoren (10, 30, 50, 80, 120, 160 cm) und Divinerrohrsonden bis in eine Bodentiefe von 100-120 cm (Messung alle 10 cm), in Versuch 2 mittels FDR-Sensoren in 10, 40, 80 und 140 cm Bodentiefe. Zusätzlich wurde die Richtung der Wasserbewegung anhand der Wasserspannung des Bodens erfasst. In Versuch 1 wurden in einem Messprofil Tensiometer in 120 und 160 cm Tiefe sowie Watermarksensoren in 10 und 30 cm Tiefe eingebaut, in Versuch 2 wurden Tensiometer in 80 und 140 cm, Watermarksensoren bzw. Gipsblöcke in 10, 40 und 80 cm in 2 Wiederholungen installiert. Durch Umformen der Wasserbilanz-Gleichung (Ehlers, 1997) wurde in Versuch 1 die Evapotranspiration (ET) der Luzerne-Sorten aus der Summe des Niederschlags sowie einer eventuellen Bewässerung abzüglich der Veränderung des Bodenwasservorrats im Bodenprofil (0-160 cm) berechnet. In Versuch 2 wurde die Sickerung (S) aus der Summe des Niederschlags sowie einer eventuellen Bewässerung abzüglich der Summe der Evapotranspiration (nach Smith et al., 1992) und der Veränderung des Bodenwasservorrats im beobachteten Bodenprofil (0-140 cm Tiefe) berechnet. Die für die Erfassung der Bodenwasserhaushaltsdaten erforderliche zeitliche Auflösung kann nur durch eine Online-Messung erreicht werden. Die Ergebnisse der Online-Messungen stellen die Grundlage für eine Interpretation des Bodenwasserhaushalts dar.

Ergebnisse und Diskussion

In Versuch 1 wurde durch die kontinuierliche Messung des Bodenwassergehalts die Veränderung des Bodenwasservorrates erfasst. Die Evapotranspiration der Luzerne-Sorten wurde abgeschätzt und mit den anhand der Penman-Monteith-Methode kalkulierten ETa-Werten verglichen. Die parallele Erhebung von Parametern des Bodenwasserhaushalts und der Pflanzenphysiologie ermöglichte eine umfassende Beurteilung des Wasserhaushalts der verschiedenen Luzerne-Sorten. In Versuch 2 konnten durch die gewählte Instrumentierung Perioden der Sickerung von solchen mit kapillarem Wasseraufstieg unterschieden werden. Die Sickerwassermengen unter Zwischenfruchtgemengen mit unterschiedlichem Leguminosenanteil wurden abgeschätzt. Durch die Kombination von Messungen hoher räumlicher Auflösung (alle Parzellen, einmal wöchentlich), hoher zeitlicher Auflösung (Online-Messung an Parzellen einer Wiederholung) und Modellierung ließen sich gute Ergebnisse für alle Parzellen und Versuchsvarianten in beiden Versuchen erzielen.

Literatur

- Ehlers, W. 1997: Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. Pflanzenbauwissenschaften 1 (3): 97-108.
- Scholander, P. F., Hammel, H. T., Bradstreet, E. D. und Hemmingsen, E. A. 1965: Sap pressure in vascular plants, Science 148: 339-346.
- Smith, M.; Allen, R.; Monteith, J. L.; Perrier, A.; Santos-Pereira, L. und Segeren, A. 1992: Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. Rome (Italy), Land and Water Development Division, FAO.

Anpassung von Gersten (*Hordeum vulgare* L.) DH-Linien an knappe Wasserversorgung

Ralf Uptmoor & Hartmut Stützel*

Einleitung

Trockenstress ist einer der wesentlichen ertragslimitierenden Faktoren in der Getreideproduktion. Die Aufrechterhaltung des relativen Blattwassergehaltes und eine hohe osmotische Anpassung unter Trockenstress haben einen positiven Einfluss auf Pflanzenwachstum und Ertrag. Unter osmotischer Anpassung versteht man die Absenkung des osmotischen Potentials in der Pflanzenzelle durch aktive Akkumulation von Kohlenhydraten, anorganischen Kationen, organischen Säuren und freien Aminosäuren.

Ziel der Arbeiten war es, in einer Gersten DH-Population chromosomale Regionen bzw. quantitative Merkmals-Loci (QTLs) zu detektieren, die an der Regulation der osmotischen Anpassung beteiligt sind. Weiterhin sollten QTLs kartiert werden, die einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum unter Trockenstress haben. Auf diese Weise können molekulare Marker identifiziert werden, die mit physiologischen Anpassungsmechanismen und mit Wachstumsparametern assoziiert sind. Auf Basis genetischer Daten sollen letztlich Modelle entwickelt werden, in denen die quantitativen Merkmalsausprägungen der detektierten QTLs als Inputparameter eingehen. Um dieses Ziel zu erreichen wurden die QTL-Analysen auf dem Gradienten eines Umweltfaktors, in diesem Fall bei sinkendem Bodenwassergehalt durchgeführt.

Material und Methoden

Die aus 79 Linien bestehende DH-Population 'Post' x 'Vixen' wurde in einem Gefäßversuch hinsichtlich ihrer Anpassung an eine knappe Wasserversorgung untersucht. Als Versuchsanlage wurde ein α -Gitter mit zwei Wiederholungen gewählt. Bei sinkendem Bodenwassergehalt wurden Transpiration, relativer Blattwassergehalt und osmotische Anpassung ermittelt. Hierfür wurde die Bewässerung der Stressvariante 30 Tage nach Aussaat abgesetzt. Die Transpirationsrate wurde über tägliches Wiegen der Gefäße ermittelt. Der relative Blattwassergehalt und das osmotische Potential wurden bei Bodenwassergehalten von 75%, 55%, und 45% der Wasserhaltekapazität des verwendeten Bodens gemessen. Die osmotische Anpassung wurde aus der Differenz des osmotischen Potentials zu den jeweiligen Bodenwassergehalten und vor Beginn des Stresszyklusses errechnet. Die osmotischen Potentiale wurden für den relativen Blattwassergehalt korrigiert. Die Kontrollvariante wurde täglich auf eine Wasserhaltekapazität des Bodens von 85% aufgewässert. Zu Versuchsende wurden Blattflächen und Trockenmassen bestimmt.

Die QTL-Analysen für osmotische Anpassung, relativer Blattwassergehalt, Transpirationsrate sowie relative Blattflächen- und Trockenmassenbildung wurden in Abhängigkeit des Bodenwassergehaltes anhand einer genetischen Karte mit einer Gesamtgröße von 1328 cM durchgeführt. Die zur QTL-Kartierung verwendete Skelettkarte umfasst 117 Marker, die sich aus Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) und Mikrosatelliten Markern zusammensetzen, mit einem durchschnittlichen Markerabstand von 12.1 cM

* Institut für Gemüse- und Obstbau, Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

(Scheurer et al., 2001). Die QTL-Analysen wurden mit der Software PlabQTL durchgeführt (www.uni-hohenheim.de/~ipspwww/soft.html).

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb der Population wurden signifikante Unterschiede bei der osmotischen Anpassung, beim relativen Blattwassergehalt sowie bei den absoluten und relativen Blattflächen und Trockenmassen festgestellt. Am Ende des Zyklus lag die Blattfläche der unter Trockenstress stehenden Pflanzen im Populationsmittel bei 60% der Blattfläche der Kontrollpflanzen. Die Blatt-, Stängel- und Gesamttrockenmasse der gestressten Pflanzen war im Vergleich zur Kontrolle ebenfalls signifikant erniedrigt. Das osmotische Potential sank im Populationsmittel von -1.15 MPa auf -1.57 MPa bei einem Bodenwassergehalt von 45% der Wasserhaltekapazität.

Signifikante QTLs für osmotische Anpassung wurden auf Chromosom 1 (7H) im Intervall des AFLP-Markers e4550_8 und des Mikrosatelliten-Markers Bmag120 mit einem LOD-Wert von 3.04, auf Chromosom 5 (1H) im Intervall der AFLP-Marker e4349231 und e434980 mit einem LOD-Wert von 3.64 und auf Chromosom 6 (6H) im Intervall der RAPD-Marker I19330 und I19350 mit einem LOD-Wert von 3.4 lokalisiert. Die additiven Effekte der QTLs auf die osmotische Anpassung betragen -0,163 MPa, -0,073 Mpa und -0,067 Mpa. Die positiven Allele stammen von der für Trockenstress weniger anfälligen Sorte 'Post'. Ein signifikanter QTL für den relativen Blattwassergehalt wurde auf Chromosom 1 (7H) im Intervall der RAPD-Marker AG081000 und AI06620 mit einem LOD-Wert von 3.21 detektiert. Der additive Effekt betrug 1,8%. Teulat et al. (1998) fanden in einer Kreuzungspopulation, die aus dem Trockenresistenten Elter Tadmor und der anfälligen Linie Er/Apm hervorgegangen ist, QTLs, die für die Kontrolle der osmotische Anpassung verantwortlich sind, auf den Chromosomen 1 (7H) und 6 (6H). Für den relativen Blattwassergehalt unter Trockenstress wurden drei QTLs detektiert.

Die Modellierung auf der Basis von QTL-Informationen kann erfolgen, indem QTL-Analysen auf dem Gradienten eines ökophysiologischen Modells durchgeführt werden (vgl. Tardieu 2003). Bei der klassischen QTL-Analyse liegt die Beschränkung vor allem darin, dass auf dieser Basis entwickelte Modelle nur innerhalb der Untersuchten Population ihre Gültigkeit behalten. QTL-Feinkartierungen und Assoziationskartierungen können zukünftig dazu beitragen, dass pflanzenbaulich-genomische Modelle entwickelt werden, in denen auf der Basis genetischer Information umweltabhängige Merkmalsausprägungen über die engen Schranken einer Züchtungspopulation hinaus simuliert werden können. Mögliche Anwendungen genbasierter Modelle im Pflanzenbau können standortspezifische Sortenempfehlungen, die Prognose der Reaktion auf pflanzenbauliche Maßnahmen und auf Umweltwirkungen in Produktionsverfahren und Produktionssystemen sein.

Literatur

- Scheurer, K. S.; W. Friedt; W. Huth; R. Waugh und F. Ordon 2001: QTL analysis of tolerance to a German strain of BYDV-PAV in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 103: 1074-1083.
- Tardieu, F. 2003: Virtual plants: modelling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. *Trends in Plant Science* 8: 9-14.
- Teulat, B.; D. This; M. Khairallah; C. Borries; C. Ragot; P. Sourdille; P. Leroy; P. Monneveux; A. Charrier 1998: Several QTLs involved in osmotic adjustment trait variation in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 96: 688-698.

Wirkung eines Ammonium stabilisierten N-Düngers auf Sickerwasserbildung, Nitrat austräge und Ertrag von Wintergetreide und Winterraps in einem Lysimeterversuch

F. Yan*, H. Wozniak** & B. Honermeier*

Einleitung

Ammonium ist wegen seiner positiven Ladung weniger durch Auswaschung gefährdet als Nitrat. Auf manchen Böden begünstigt Ammoniumernährung zusätzlich die Verfügbarkeit verschiedener Mikronährstoffe wie z. B. Eisen und Zink. Im Boden wird Ammonium aber relativ schnell nitrifiziert. Eine Verzögerung der Nitrifikation des Ammoniums durch einen Nitrifikationsinhibitor kann zu einer Verminderung der Nitrat auswaschung und der N₂O-Emission führen. Dadurch können nicht nur Stickstoffverluste sondern auch Umweltbelastungen durch Nitrat und N₂O minimiert werden. Ziel der durchgeführten Lysimeterversuche war deshalb die Überprüfung der Wirkung eines Ammonium stabilisierten N-Düngers auf Sickerwasserbildung, Nitrat austräge, Ertrag und Rohproteingehalt von Wintergetreide und Winterraps.

Material und Methoden

Die Lysimeteranlage wurde im Jahr 1955 durch schichtweise Befüllung der einzelnen, jeweils 1 m³ großen Parzellen entsprechend der lokalen Bodenprofile errichtet. Vier Bodenarten mit unterschiedlichen Texturen wurden aus verschiedenen Standorten in Hessen verwendet: schluffiger Sand aus Groß-Gerau, schluffiger Lehm aus Gießen, Lösslehm (lehmgiger Schluff) und Ton (toniger Lehm) aus Rauischholzhausen. Für jede Bodenart wurden 8 Lysimeter errichtet. Für Winterweizen in 2002 und Wintertriticale in 2003 wurden vier N-Dünger mit jeweils zwei Wiederholungen getestet: Kontrolle (ohne N), Kalkammonsalpeter (KAS), Ammonium+Harnstoff (Piamon), Ammonium+Harnstoff+DCD/Triazol (P15/01). Zu Winterweizen (2002) wurden 140 kg N/ha zum Vegetationsbeginn in einer Gabe gedüngt. Zu Wintertriticale (2003) wurden 180 kg N/ha in drei Gaben mit 80, 60, 40 kg/ha N. Im Jahr 2004 wurden nur KAS und Ammonium+Harnstoff+DCD/Triazol mit jeweils 4 Wiederholungen getestet. 40 kg N/ha wurden im Herbst 2003 gedüngt. Im Jahr 2004 wurde Raps mit zwei Gaben (100 + 100 kg N/ha) gedüngt. Die Sickerwassermenge wurde wöchentlich erfasst und die Nitrat-Konzentration darin bestimmt. Nach der Ernte wurde bei Getreide der Ertrag und Rohproteingehalt bestimmt und bei Raps der Rohfettgehalt gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl bei Winterweizen (2002) als auch bei Wintertriticale (2003) wurde beobachtet, dass die Sickerwasserbildung auf Sandboden deutlich höher war als auf Lehm-, Löss- und Tonboden (vgl. Tab. 1). Weiterhin wurde festgestellt, dass die Sickerwasserbildung durch N-Düngung vermindert wurde. Ursache hierfür war, dass das Wachstum der Pflanzen durch N-Düngung wesentlich erhöht wurde. Dies führte zu einem höheren Wasserverbrauch. Es gab keinen Effekt des Nitrifikationsinhibitors auf die Sickerwasserbildung. Ein erwarteter Effekt des Nitrifikationsinhibitors auf die

* Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Giessen, Ludwigstrasse 23, 35390 Giessen, feng.yan@agrar.uni-giessen.de

** SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Landwirtschaftliche Anwendungsforschung Cunnersdorf, Am Wieseneck 7, 04551 Cunnersdorf,

Nitratauswaschung zeigte sich nur auf dem Sandboden im Jahr 2003 unter Wintertriticale und auf dem Tonboden im Jahr 2004 unter Raps. Piamon und P15/01 zeigten im Jahr 2002 bei Winterweizen auf allen getesteten Böden keine Ertragsunterschiede. Im Jahr 2003 bewirkte P15/01 höhere Erträge auf Sand- und auf Lössboden. Auf Lehm- und Tonboden war der Ertrag von beiden Varianten vergleichbar. Es ist bemerkenswert, dass der Proteingehalt von Wintertriticale durch Einsatz des Nitrifikationsinhibitors erhöht wurde (s. Tab. 2). Dieses Ergebnis lässt auf eine bessere N-Verwertung der Pflanzen schließen.

Tab. 1: Jahressumme der Sickerwasserbildung (l/m²) im Lysimeter (WW), 2002

Düngung	Boden				Mittelwert
	Sand	Lehm	Löss	Ton	
ohne N	640	505	530	553	557
KAS	540	458	423	440	488
Piamon	558	445	467	415	496
P15/01	547	455	437	503	486
Mittelwert	571	466	464	478	495

Tab. 2: Proteingehalte im Korn (% TM) von Triticale, Lysimeterversuch 2003.

Düngung	Boden				Mittelwert
	Sand	Lehm	Löss	Ton	
ohne N	10,38	9,00	8,06	9,44	9,22
KAS	14,00	12,00	12,31	13,44	12,94
Piamon	14,25	11,81	13,50	12,63	12,92
P15/01	15,00	13,38	13,19	14,19	13,22
Mittelwert	12,69	11,55	11,64	12,43	12,08

Es wurde festgestellt, dass die N-Düngung zu einem höheren Nitrataustrag auf Sandboden führte. Dagegen zeigte N-Düngung auf Löss- und Tonboden eine deutliche Verminderung des Nitrataustrages. Ursache hierfür war zum einen die verminderte Sickerwasserbildung durch erhöhten Wasserverbrauch aufgrund des höheren Pflanzenwachstums. Zum anderen wies die ungedüngte Variante eine geringere Bestandesdichte auf und konnte den Stickstoff aus der Mineralisation des organischen Bodenstickstoffs nicht effizient aufnehmen. Das war besonders bei höheren Temperaturen von Mai bis September im Jahr 2003 deutlich (Abb. 1).

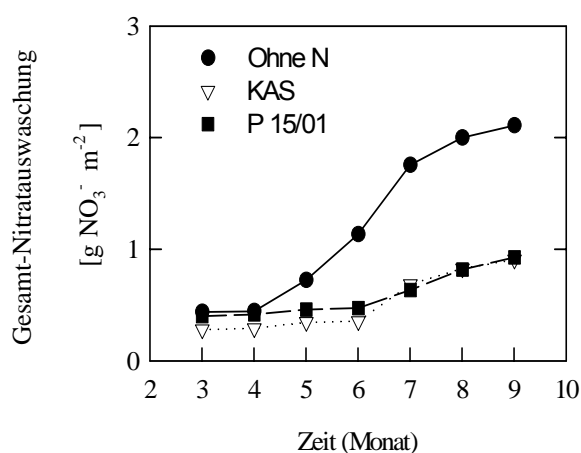


Abb. 1: Einfluss der N-Düngung auf die Nitratauswaschung aus Tonboden unter Wintertriticale, 2003

Beziehung zwischen N-Bilanz und Nitratauswaschung in einer Raps-Weizen-Gerste-Rotation

Klaus Sieling & Henning Kage*

Einleitung

N-Bilanzen (N-Düngung minus N-Entzug mit dem Erntegut) werden häufig benutzt, um das N-Auswaschungsrisiko abzuschätzen. Kurzfristig gesehen korrelieren die Höhe der aktuellen N-Düngung (Ausnahme: stark überhöhte N-Mengen) und die Höhe der N-Auswaschung während der nachfolgenden Sickerwasserperiode nur sehr schwach (Macdonald et al. 1989). Andererseits können N-Bilanzen das Gefährdungspotenzial bestimmter Bewirtschaftungsformen aufzeigen, insbesondere wenn die Daten über ein größeres Gebiet und über einen längeren Zeitraum aggregiert werden (Öborn et al. 2003). Darüber hinaus spielt die Düngungsform (mineralisch, organisch) und der Ausbringungstermin eine große Rolle.

Basierend auf Ergebnissen aus 9 Anbaujahren und Sickerwasserperioden wird der Zusammenhang zwischen der einfachen N-Bilanz (Input minus Output) von Raps, Weizen und Gerste und der N-Auswaschung unter der Folgefrucht quantifiziert, wobei der Einfluss einer Schweinegüllegabe detaillierter analysiert wird.

Material und Methoden

Im Rahmen des SFB 192 wurde in den Jahren 1991-1999 auf dem im östlichen Hüggellandes Schleswig-Holsteins gelegenen Versuchsgut Hohenschulen innerhalb einer Raps-Weizen-Gerste-Fruchtfolge der Einfluss der Bodenbearbeitung (Frässlensaat, Pflug-Drillsaat), einer (Schweine-)Gülledüngung (keine Gülle, 80 kg N/ha im Herbst, 80 kg N/ha im Frühjahr, 80 kg N/ha im Herbst plus im Frühjahr), einer mineralischen N-Düngung (0, 40/40/40, 80/80/80 kg N/ha) und einer Fungizidapplikation (keine Fungizide, Dreifachbehandlung) auf den Ertrag und den N-Entzug mit dem Erntegut untersucht. Die Intensitäten lagen in jedem Jahr auf den gleichen Parzellen. Die Höhe der N-Auswaschung in den darauffolgenden Sickerwasserperioden wurde mit Hilfe einer Saugkerzenanlage im Abstand von 2 Wochen Bodenwasser aus 90 cm Tiefe gewonnen und die Nitrat-N-Konzentration bestimmt. Die Sickerwassermenge (im Mittel 290 mm) leitete sich aus der klimatischen Wasserbilanz ab. Das Produkt aus Perkulationsmenge und entsprechender Nitrat-N-Konzentration ergab die Höhe der N-Auswaschung.

Zur Beschreibung der Beziehung zwischen der N-Bilanz und der N-Auswaschung unter Berücksichtigung der Güllevarianten wurde folgender Ansatz gewählt:

$$Y = a + bNB + cNB^2 + dSW \quad (1)$$

mit Y = N Auswaschung (kg N/ha); NB = N-Bilanz (Düngung minus Entzug) (kg N/ha); SW = Sickerwassermenge (mm). Die Parameter a, b, c und d wurden mit Hilfe der NLIN Prozedur in SAS geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Auswaschung auf den ungedüngten Parzellen schwankte beträchtlich mit den Jahren zwischen 0 und 62 kg N/ha. Auch nach 9 Jahren ohne N-Düngung konnte keine eindeutige Reduktion der N-Auswaschung erkannt werden. Im Mittel aller Versuchsvarianten wurden nach Raps unter Weizen mit 73 kg N/ha die höchsten mittlere-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

ren jährlichen N-Verluste beobachtet, während nach Gerste unter Raps 44 kg N/ha verlagert wurden. Die N-Düngung steigerte die N-Auswaschung signifikant in der Reihenfolge mineralische N-Düngung < Gülle im Frühjahr < Gülle im Herbst. Im Mittel der untersuchten Jahre konnte auch bei negativer (unter Getreide) bzw. ausgeglichener (unter Raps) N-Bilanz der EU-Trinkwassergrenzwert von 50 ppm Nitrat (entspricht bei 300 mm Sickerwasser 34 kg N/ha) nicht eingehalten werden (Abb. 1). Steigende N-Überschüsse erhöhten die N-Verluste überproportional. Allerdings wurden nur unter Raps nur 15 % und unter Weizen nur 33 % der Überschüsse aus der N-Düngung zur Vorfrucht ausgewaschen.

Detailliertere Analysen zeigten, dass Gülle, die im Herbst auf die Rapsstoppeln ausgebracht wurde, im Vergleich zum mineralischen N-Dünger die N-Auswaschung unter dem nachfolgenden Weizen um den Faktor 3,6 erhöhte. Im Frühjahr in den wachsenden Bestand applizierte Gülle steigerte die N-Verluste um den Faktor 1,6. In den anderen Vorfrucht-Nachfrucht-Kombinationen lagen die Werte auf einem niedrigeren Niveau.

Kurzfristig betrachtet korrelieren N-Bilanz und Auswaschung nur schwach, da der Großteil des auswaschungsgefährdeten Stickstoffs erst im Herbst aus dem organischen Bodenvorrat mineralisiert wird. Langfristig gesehen können N-Bilanzen helfen, das Auswaschungsrisiko von verschiedenen Bewirtschaftungssystemen abzuschätzen.

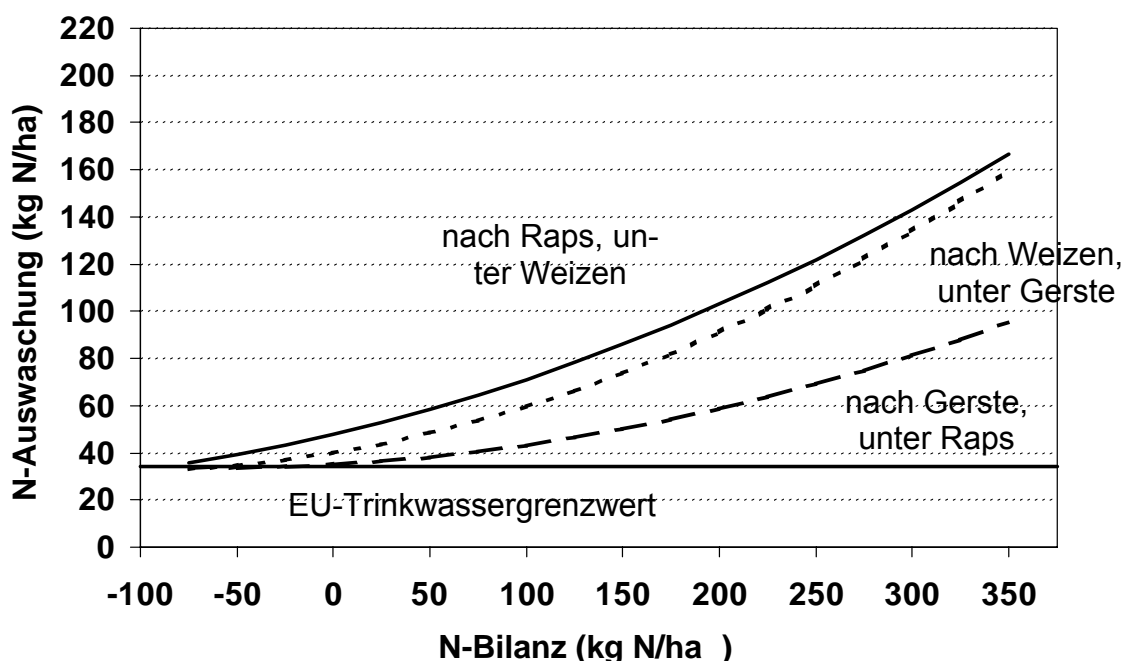


Abb. 1: Beziehung zwischen N-Bilanz und jährlicher N-Auswaschung in unterschiedlichen Vorfrucht-Nachfrucht-Kombinationen (1991/92 – 1999/2000) (EU-Trinkwassergrenzwert von 50 ppm Nitrat bei 300 mm Sickerwasser)

Literatur

- Macdonald, A.J., Powlson, D.S., Poulton, P.R., Jenkinson, D.S., 1989. Unused fertiliser nitrogen in arable soils - its contribution to nitrate leaching. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 46, 407-419.
- Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I., Richert Stinzing, A., 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy* 20, 211-225.

Vergleichende Analyse der Ertragsleistung und Nitratauswaschung im ökologischen und konventionellen Ackerbau

Ralf Loges, Michael Kelm & Friedhelm Taube*

Einleitung

Die Auswaschung von Stickstoff (N) in Form von Nitrat stellt den Verlust eines wichtigen Produktionsfaktors dar und kann zu einer Belastung des Grundwassers bzw. anderer Ökosysteme führen. Zahlreiche Studien (GEIER et al., 1998; BERG et al., 1999) weisen dem ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau ein geringeres N-Verlustpotential zu. In der Regel basieren zu diesem Thema angefertigte Studien auf dem Vergleichen rechnerisch ermittelter N-Überschusssalden bzw. auf Beobachtungen, die in Parzellenversuchen durchgeführt wurden. Auf Betriebs- bzw. Schlagniveau am gleichen Standort bei vergleichbarer Betriebsausrichtung durchgeführte Vergleichsmessungen des N-Austrages ökologischer und konventioneller Fruchtfolgesysteme wurden in Deutschland bisher nicht durchgeführt, sind aber für die Bewertung unterschiedlicher Landnutzungssysteme von größter Wichtigkeit. Vor diesem Hintergrund wurde, unter den durch eine ackerbauliche Spezialisierung geprägten spezifischen Bedingungen der Hohertragsstandorte Schleswig-Holsteins, ein Vergleich verschiedener ökologischer Fruchtfolgen mit einer intensiven konventionellen Ackerbaufuchtfolge in Bezug auf Ertragsleistung und ökologische Effekte durchgeführt.

Material und Methoden

Im Rahmen eines in den Versuchsjahren 1999-2002 durchgeführten Projektes wurde auf dem Versuchsgut für ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme Lindhof der Christian-Albrechts-Universität Kiel ein Vergleich zwischen drei typischen Fruchtfolgen (FF) ökologisch wirtschaftender Betriebe mit einer konventionellen Referenzfruchtfolge hinsichtlich Ertragsleistung, Energieeffizienz bzw. N-Flüsse und Nitratauswaschung durchgeführt (Tab. 1). Die Erfassung der N-Flüsse basierte auf Erhebungen des Düngemiteleinsatzes, der Leguminosen-N₂-Fixierung, der N-Exporte, der Nitratauswaschung sowie der N_{min}-Gehalte des Bodens zu ausgewählten Zeitpunkten. Die Bestimmung der ausgewaschenen N-Mengen stützt sich auf die wöchentliche Beprobung eines sämtliche Betriebsflächen des Lindhofs deckenden Netzes, bestehend aus ca. 350 keramischen Saugkerzen. Zum Ausschluss des Effektes der kleinräumigen Bodenvariabilität auf die Untersuchungsergebnisse erfolgte die Installation der Saugkerzen auf allen Schlägen jeweils an Orten gleicher Bodenverhältnisse, basierend auf einer hochauflösenden Bodenkartierung. Die durchschnittliche Sickerwassermenge betrug in den 3 Beobachtungsperioden 187 mm. Eine dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (EU-Norm) von 50 mg NO₃ l⁻¹ entsprechende N-Konzentration im Sickerwasser wäre bei einer N-Fracht von jeweils 28,6 kg N/ha überschritten.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind für die in die Untersuchung eingegangenen viehlosen FF sowohl die Ertragsleistungen als auch die festgestellten Nitrat-N-Auswaschungsverluste im Fruchtfolgedurchschnitt dargestellt. Keines der betrachteten Anbausysteme wies im

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel, Email: rloges@email.uni-kiel.de

Beobachtungszeitraum Nitrat-N-Verluste auf, welche die laut EU-Norm kritische N-Fracht von 28,6 kg Nitrat-N/ha überstiegen. Der Vergleich der beiden ökolog. Ackerbausysteme 2 und 3 mit der konv. FF weist den ökolog. FF bei gleicher Nitrat-N-Auswaschung jeweils 70% niedrigere Erträge sowie N-Bilanzüberschüsse zu. Der Vergleich der ökolog. Gemischtbetriebs-FF 4 mit der analogen Ackerbaubetriebs-FF 3 zeigt, dass es durch die Nutzung des anfallenden Kleeegrases in der Viehfütterung zu einer Steigerung des Energieertrages um 50% bei gleichzeitig signifikanter Reduktion der N-Auswaschung kommt. Ursache hierfür sind der Wegfall der mit der Mulchnutzung von Klee gras verbundenen hohen N-Auswaschungsverluste sowie die bei Viehhaltung gegebene Möglichkeit, die N-Effizienz im Getreidebau durch Wirtschaftsdüngung zu steigern.

Fazit: Unter den gegebenen Standortverhältnissen bleibt festzuhalten, dass keines der untersuchten Landnutzungssysteme bedenkenswerte Nitratauswaschungen aufwies. In bezug auf die Produktivität zeigte sich das konventionelle System gegenüber den ökologischen um mehr als das doppelte überlegen. Diese Ertrags/N-Auswaschungsrelationen weichen von anderen vorliegenden Arbeiten ab und machen die Notwendigkeit einer regional- bzw. betriebstypenspezifischen Bewertung von Landnutzungssystemen deutlich.

Tab. 1: Vergleich verschiedener Fruchtfolgen des Lindhofes im Bezug auf Ertrag und ausgewählte N-Haushalts-Kenngrößen (Fruchtfolgedurchschnittswerte, 1999-2002)

Anbausystem	Fruchtfolge	Ertrag in Getreideeinheiten* (GE) [GE/ha]	Ertrag an umsetzbarer Energie* [GJ ME/ha]	N-Input [kg N/ha]	N-Bilanz [kg N/ha]	Nitrat-N-Auswaschung* [kg NO ₃ -N/ha]
1. Konventioneller Ackerbaubetrieb	Zuckerrüben Winterweizen Winterraps Winterweizen	107,5 ^a (100%)	-	186,0 (100%)	47,5 (100%)	23,6 ^a (100%)
2. Ökologischer Ackerbaubetrieb extensiv, 33% Leguminosenanteil	Klee (gemulcht/Saatv.) Hafer Winterroggen	29,8 ^b (28%)	-	67,0 (36%)	17,5 (37%)	20,1 ^a (85%)
3. Ökologischer Ackerbaubetrieb intensiv, 50% Leguminosenanteil	Klee (gemulcht/Saatv.) Hafer Körnerleguminose Wi-Weizen/Kartoffeln	31,8 ^b (30%)	36,3 ^b (100%)	88,5 (48%)	12,1 (25%)	21,2 ^a (90%)
4. Ökologischer Gemischtbetrieb intensiv, 50% Leguminosenanteil	Klee (Schnittnutzung) Hafer Körnerleguminose Wi-Weizen/Kartoffeln	-	55,4 ^a (153%)	137,2 (74%)	11,1 (23%)	14,5 ^b (61%)

*Mittelwerte einer Spalte mit gleichem Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich. Abkürzungen: Klee: Rotklee bzw. Rotklee gras; Saatv.: Rotklee saatsvermehrung; Wi-Weizen: Winterweizen.

Literatur

- BERG, M.; G. HAAS und U. KÖPKE, 1999: Nitrataustrag im Systemvergleich: Produkt- und Flächenbezug. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 12, 237-238.
- GEIER, U.; B. FRIEBEN, G. HAAS, V. MOLKENTHIN und U. KÖPKE, 1998: Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft: Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen, Handlungsfelder Hamburger Umweltpolitik. In: Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn.

Managementmaßnahmen bei Feldgemüse auf Nitrataustrag im Grundwassersanierungsgebiet Eferdinger Becken

P. Liebhard* & E. Schmid**

Einleitung

Bei vielen Gemüsearten ist wegen der kurzen Vegetationszeit ein hohes N-Dünger-nährstoffangebot erforderlich. Dies trifft im Besonderen für Frisch- und Blattgemüse zu, das aus dem vegetativen Wachstum heraus geerntet wird und große Mengen an stickstoffreichen und schnellabbaubaren Ernterückständen auf dem Feld lässt. Weltweit befinden sich bedeutende Gemüseanbauflächen auf leichten Böden mit geringer Bodenwasserspeicherfähigkeit. Im Eferdinger Becken, dem zweitgrößten österreichischen Frischgemüseanbaugesbiet mit vielen kleinräumigen Bodenunterschieden, kam es bei einigen Messstellen zu steigenden NO_3 -Gehaltswerten und dadurch zur Überschreitung der aktuellen Schwellwerte im Grundwasser. Eine Optimierung des Gemüseanbaues hinsichtlich grundwasserschonender Produktionsmaßnahmen war daher erforderlich. Ausgehend von der Vielfalt der Gemüsearten und des unterschiedlich hohen einzelbetrieblichen Anteils an Blattgemüse wurde ein mehrstufiges Sanierungsprogramm erstellt. Ziel der Arbeit war es, durch unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen wie (1) eine flächendeckende Produktion nach den IP-Richtlinien (N-Düngung nach dem KNS-System), (2) weitere Reduktion der N-Düngung um 30 %, sowie Anbau von (3) abfrostenden und (4) nichtabfrostenden Zwischenfrüchten, den Nitrateintrag ins Grundwasser zu vermindern. Mit Hilfe des Simulationsmodells EPIC (WILLIAMS 1995) und der Beschreibung der Bodenwasserdynamik werden bei den unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen die mittel- und langfristigen Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt beurteilt.

Material und Methoden

Die Problemflächen mit den Versuchsanstellungen liegen im südlichen Eferdinger Becken und gehören zum Produktionsgebiet „Alpenvorland“. Eferding liegt 25 km westlich von Linz. (270 m Seehöhe, 795 mm Jahresniederschlag, mittlere Jahrestemperatur von 8,8 °C, 276 Vegetationstage). Der Bodentyp ist ein grauer Auboden, in der Krume ist er mittelhumos, von 25 bis 80 cm Bodentiefe schwach humos, darunter gering humos. Ab 120 cm Bodentiefe liegt ein schwach kiesiger Sand vor (Tab. 2). Der Boden besitzt bis 1 m Tiefe eine hohe nutzbare Speicherfähigkeit von 263 mm. Wegen des hohen Sandanteils von 45 % (Ton 15 %) in der Ackerkrume (Ap) wird der Boden als leicht bezeichnet. Die Nährstoffversorgung ist bei Kalium und Magnesium mittel, bei Phosphat hoch. Das Stickstoffmineralisierungsvermögen im Oberboden (0 bis 25 cm) beträgt während der Vegetationszeit pro Woche zwischen 38 und 45 mg N/1000 g Feinboden. Zur Beurteilung des Sanierungskonzeptes auf den Bodenwasserhaushalt und den Nitrataustrag wurden im Februar 1998 Sickerwassersammler eingebaut, die einerseits die Menge an Sickerwasser und andererseits die Höhe der NO_3 -Befrachtung des Sickerwassers aufzeigen. In Seebach befinden sich drei, in Wörth vier Sickerwassersammler (120 cm, 2 Saugkerzen und ein Freiauslauf) sowie seitlich Keramiksaugkerzen in 35, 60, 90 und 120 cm Tiefe (im un-

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

** Department für Wirtschaft- und Sozialwissenschaften, Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien

gestörten Boden) mit jeweils einem gemeinsam begehbarem Schacht für Sammel- und Unterdruckbehälter.

Ergebnisse und Diskussion

Der Witterungsverlauf in den Versuchsjahren war unterschiedlich, was sich auf den Gemüseertrag als auch auf die Sickerwassermenge und die Nitratkonzentration ausgewirkt hat. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkungen ausgewählter Sanierungsmaßnahmen die Ziele Sicherung des Ertrages mit der erforderlichen Qualität und verbesserte Umwelt positiv gewährleisten. Bei den betriebsüblich generell hohen Gemüseerträgen hat sich die Stickstoffdüngerbemessung nach dem KNS-System als günstiger Richtwert bestätigt. Die N-Düngermengenreduktion um 30 % unter den KNS-Sollwert führte zu einer deutlichen Ertragsverminderung und zu einer Reduzierung des vermarktungsfähigen Anteils. Die Nitratgehaltswerte im Presssaft der Marktware lagen generell bei allen Varianten und Ernteterminen unter den gesetzlichen Höchstwerten. Die reduzierte N-Düngung verminderte die Gehaltswerte (Werte nicht angeführt). Die Saugkerzen ergaben am Standort Seebach von Beginn an (ab Frühjahr 1998) aufgrund des Einbaues in ungestörten Boden reproduzierbare Messwerte, die aber wegen der stark gedüngten Vorkultur und dem nachfolgenden Klee gras (Umbruch im Oktober 1997) zu Messbeginn extrem hoch lagen (bis zu 600 mg NO₃/l). Entscheidend für die Beurteilung der gewählten Extensivierungsmaßnahmen waren die gemessenen mittleren Gehaltswerte der Nitratkonzentration und die anfallende Sickerwassermenge. Tab.1 und 2 zeigen die mittlere Nitratkonzentration im Eluat des Sickerwassersammlers und der Saugkerzen in 120 cm Bodentiefe.

Tab. 1: Mittlere Nitratkonzentration und Sickerwassermengen am Standort Seebach

Hydrologisches Jahr (1.Nov.-31.Okt.)	Düngungs- und Begrünungsvariante					
	Nitratkonzentration (mg/l)			Sickerwasser (mm)		
	KNS-Vorgabe o. Dünung	KNS-Vorgabe Phacelia	KNS-Vorgabe Grünroggen	KNS-Vorgabe o. Dünung	KNS-Vorgabe Phacelia	KNS-Vorgabe Grünroggen
1998/1999	365	384	333	137	65	120
1999/2000	299	261	345	81	36	80
2000/2001	188	104	92	62	17	52

Tab. 2: Mittlere Nitratkonzentration und Sickerwassermenge am Standort Wörth

Hydrologisches Jahr (1.Nov.-31.Okt.)	Düngungs- und Begrünungsvariante							
	Nitratkonzentration (mg/l)				Sickerwasser (mm)			
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 1	V 2	V 3	V 4
1998/1999	15	47	30	20	210	290	217	313
1999/2000	81	127	78	40	265	339	300	269
2000/2001	105	53	45	35	120	226	211	306

V1= KNS-Vorgabe, Phacelia
 V2=KNS-Vorgabe, Grünroggen
 V3=KNS-Vorgabe-30%, Phacelia
 V4=KNS-Vorgabe-30%, Grüroggen

Zu Beginn der Messungen war die Nitratkonzentration im Sickerwasser und vor allem in den Saugkerzen extrem hoch. Die während der Zwischenbrachezeit im Herbst gewachsene Begrünung führte im semihumiden Produktionsgebiet zu einer Verminderung der anfallenden Sickerwassermenge, die sich generell günstig auf die Nitrat- auswaschung (vermindert) auswirkte. Der Anbau einer Spätsommer-Zwischenfrucht reduzierte die NO₃-N Auswaschung um bis zu 60 kg/ha.

Literatur

LORENZ, H.-P., J. SCHLAGHECKEN, G. ENGL, A. MAYNE und J. ZIEGLER (1989): Ordnungsgemäße Stickstoffversorgung im Freilandgemüsebau nach dem „Kulturbegleitenden N_{min}-Sollwerte (KNS)-System“. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Rheinland-Pfalz.
 WILLIAMS, J.R. (1995): The EPIC Model. In: V.P. SINGH, Computer models of watershed hydrology, Water Resources Publications. Highlands Ranch, CO, 909-1000.

Versuchsergebnisse zum P-Austrag aus Drainagen unter Grünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregenereignis

Michael Diepolder*, Sven Raschbacher* & Thomas Ebertseder**

Einleitung

Nährstoffverluste aus landwirtschaftlich genutzten Flächen können erheblich zur Belastung von Oberflächengewässern beitragen. Ziel eines Forschungsprojektes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft war es, am Beispiel eines eutrophierten Stausees für dessen Einzugsbereich die Ursachen und Anteile der einzelnen P-Belastungspfade bei der dortigen Acker- und Grünlandnutzung zu quantifizieren, sowie Maßnahmen zur Verringerung des P-Eintrags in den See zu erarbeiten. Während die Erosion als Eintragspfad für die P-Belastung in Oberflächengewässer bereits gemeinhin bekannt ist, hat die Bedeutung anderer P-Eintragspfade in Gewässer erst in jüngerer Zeit wissenschaftliche Beachtung erlangt. Dazu zählt auch der P-Austrag aus der Fläche durch Zwischenabfluss über Makroporen („preferential flow“) nach unmittelbar auf Düngungsmaßnahmen folgenden Starkregenereignissen (Withers et al., 2003). Dabei kann der Austrag aus Drainagen auch als Teil des Zwischenabflusses angesehen werden. Im Untersuchungsgebiet ist bei intensiver Rinderhaltung etwa die Hälfte der landwirtschaftlich genutzten Fläche Dauergrünland. Da dieses zum Teil drainiert ist, lag ein Schwerpunkt des o.g. Forschungsvorhabens in der Quantifizierung des P-Austrages aus Drainagen unter Wirtschaftsgrünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregenereignis (Worst-Case-Situation).

Material und Methoden

Die im folgenden beschriebenen Messungen wurden auf natürlichem Dauergrünland eines landwirtschaftlichen Betriebes im Einzugsbereich des „Eixendorfer Stausees“ durchgeführt. Die Versuchsanlage bestand aus fünf nebeneinander liegenden Plots über einem bereits vorhandenen Drainagesystem. Jeder Plot befand sich dabei mittig über je einem Drän. Das Starkregenereignis wurde mittels einer Beregnungsanlage simuliert. Die Beregnungsmenge betrug 30 l/m^2 . Da die Böden naturgemäß unterschiedliche Ausgangswassergehalte aufwiesen, erfolgte am Abend vor dem eigentlichen Versuch eine Vorwässerung, bis die Dräne anfangen zu laufen. Die drei Versuchsvarianten rotierten im Verlauf der insgesamt drei Untersuchungsjahre auf den fünf Plots, so dass eine Randomisierung des Versuchs über einen räumlich-zeitlichen Ansatz erzielt wurde. Als Varianten wurden untersucht: Beregnung ohne Gülleapplikation, Beregnung unmittelbar nach oberflächlicher Gülleausbringung mit praxisüblicher Pralltellertechnik sowie Beregnung nach Gülleapplikation mittels Injektion in 2 cm Tiefe. Bei beiden Güllevarianten wurden einheitlich jeweils 25 m^2 Rindergülle, entsprechend im Mittel ca. 15 kg P (bzw. ca. $34 \text{ kg P}_2\text{O}_5$) ausgebracht. Die Abflussmessung und Probenahme für die P-Bestimmung im Labor erfolgte automatisch jeweils am Ende eines Dräns, der zu diesem Zweck aufgedrückt und mit einem automatischen Probenehmer bestückt wurde. Das Dränwasser wurde auf Gesamt-P (TP) und nach Filtration durch einen Filter mit $0,45 \text{ Mikrometer}$ Durchmesser auf „Gelöstes Gesamt-P“ (DTP) untersucht.

* Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Freising

** Fachhochschule Weihenstephan

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel aller Versuche wurden nach einem „Starkregenereignis“ bei einer durchschnittlichen Abflussrate von 13 % (4,0 l/m²) ohne Gölledüngung 45 g TP, nach Gölleapplikation mit Prallteller 300 g TP und nach Gölle-Injektion 120 g TP pro Hektar über den Drän ausgetragen. Bezogen auf die über die Gölle ausgebrachte P-Menge betrug der apparente Verlust des Gölle-TP am Drän 0,5 % bei Schlitztechnik bzw. 1,8 % beim Pralltellerverfahren. Relativ unabhängig von den Varianten schwankten die Abflüsse am Drän wohl aufgrund der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Porensystems zwischen 0,3 und 16 l/m². Mit steigender Abflussmenge kam es bei allen Varianten zu einer kontinuierlichen und signifikanten Zunahme der ausgetragenen TP- (siehe Abbildung 1) und DTP-Fracht. Dabei war der Anstieg der TP-Fracht mit zunehmender Abflussmenge bei Gölleausbringung mit dem Prallteller um den Faktor 19 und bei Gölleinjektion um den Faktor 6 höher als bei der berechneten Kontrollvariante. Für das gelöste Phosphor (DTP) wurden bei den Göllevarianten ebenfalls signifikante, jedoch deutlich weniger steile Anstiege gemessen.

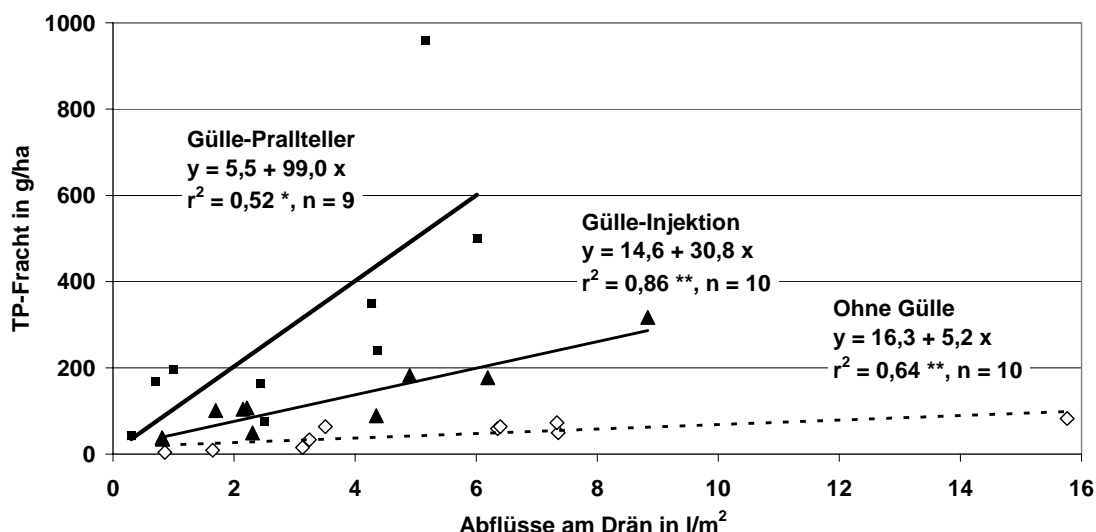


Abb. 1: Beziehung zwischen Abfluss-Menge und Austrag an Gesamt-Phosphor (TP)

Fazit: Starkregenereignisse nach Düngungsmaßnahmen können auf dräniertem Grünland ökologisch bedenklich sein. Allerdings stößt die daraus resultierende Konsequenz, Göllegaben vor zu erwartenden starken Niederschlägen zu unterlassen, in der Praxis sicherlich auf Probleme. Es besteht zweifelsohne ein gewisser Zielkonflikt zwischen der Abwägung von P-Verlusten in Oberflächengewässer und Ammoniak-Verlusten in die Luft. Durch die Wahl der Gölleapplikationstechnik (Injektion statt oberflächliche Ausbringung mit Prallteller) können P-Einträge verringert werden. Allerdings sind bei der Gölleinjektion sowohl betriebswirtschaftliche Aspekte (teurere Technik, höherer Verschleiß, geringere Schlagkraft) und bei Grünland auch pflanzenbauliche Gesichtspunkte (mögliche Narbenverletzungen, evtl. Zunahme von Verunkrautung) zu berücksichtigen.

Literatur

Withers, P.J.A., Ulen, B., Stamm, Ch., Bechmann, M. (2003): Incidental phosphorus losses – are they significant and can they be predicted? J. Plant Nutr. Soil Sci., 166, 459-468.

Einfluss von Nutzungsart und N-Düngungsniveau auf Nitrat austräge unter Grünland

M. Wachendorf¹ & F. Taube²

Einleitung

Das Grünland wird hinsichtlich der Gefahr der Nitrat (NO_3)-Auswaschung unterschiedlich bewertet. Einerseits gilt es als N-effiziente Form des Futterbaus, andererseits wurden insbesondere unter Weidebedingungen erhöhte NO_3 -Konzentrationen festgestellt. Die vorliegende Untersuchung ist Teil des interdisziplinären Forschungsprojektes „N-Flüsse im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb (Taube & Wachendorf, 2000), dessen Daten zur Generierung von Modellsimulationen auf Betriebsniveau dienen (Rotz et al., 2005). Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Grundwassergefährdung von Grünland bei unterschiedlicher Nutzungsform und N-Input auf den sandigen Böden der norddeutschen Geest zu quantifizieren.

Material und Methoden

Standort ist der Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel. Bei den geprüften Varianten handelt es sich um Weißklee-/Grasbestände, die sowohl in der Nutzungsform [Weide (GO); 1 Schnitt plus Nachweide (MSI); 2 Schnitte plus Nachweide (MSII); 4 Schnitte (CO); Simulierte Weide (SG)], als auch in der mineralischen und organischen Düngungsintensität [0, 100, 200, 300 kg N ha⁻¹, 0, 20 m³ Rindergülle ha⁻¹] variiert wurden. Angestrebt wurde eine frühjahrsbetonte Stickstoff (N)-Düngung, die der Ertragsentwicklung angepaßt ist. Für die beweideten Flächen wurde aus der Anzahl der aufgetriebenen Tiere und den Weidetagen die Anzahl an Großvieh-Weidetagen des jeweiligen Versuchsjahres errechnet. Die Beweidung erfolgte mit Jungtieren des Versuchsbetriebes, wobei Beweidungsperioden von maximal 2 Tagen angestrebt wurden. Die Phosphor- und Kaliversorgung wurde so gestaltet, dass keine limitierenden Effekte auftraten. Auf Grundlage der erhobenen Daten wurden Stickstoffbilanzen errechnet (N-Input minus N-Output). Zur Gewinnung des Sickerwassers wurden in allen beweideten Varianten 6 keramische Saugkerzen in der Tiefe von 60 cm pro Parzelle eingebaut. In den schnittgenutzten Varianten befanden sich 3 Kerzen pro Parzelle. Die Berechnung der Frachten erfolgte mittels der kumulativen klimatischen Wasserbilanz.

Ergebnisse und Diskussion

Die ermittelten NO_3 -Konzentrationen im Sickerwasser der wöchentlich durchgeführten Saugkerzenbeprobungen zeigten im Mittel über die drei Sickerwasserperioden einen deutlichen Einfluß des Stickstoffangebots (Abb. 1). Während bei einer reinen Schnittnutzung die geringsten Konzentrationen gemessen wurden, traten bei ausschließlicher Beweidung die höchsten Werte auf. Die Werte der Mähweidesysteme mit einem bzw. zwei Schnitten und anschließender Beweidung lagen zwischen den beiden Extremvarianten.

Unabhängig von der Nutzungsart verursachte eine Zunahme des N-Inputs ein Anstieg der NO_3 -Konzentration im Sickerwasser, wobei der Anstieg für das Weidesystem am größten war. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die meisten

¹ jetzige Adresse: Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Universität Kassel

² Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Kiel

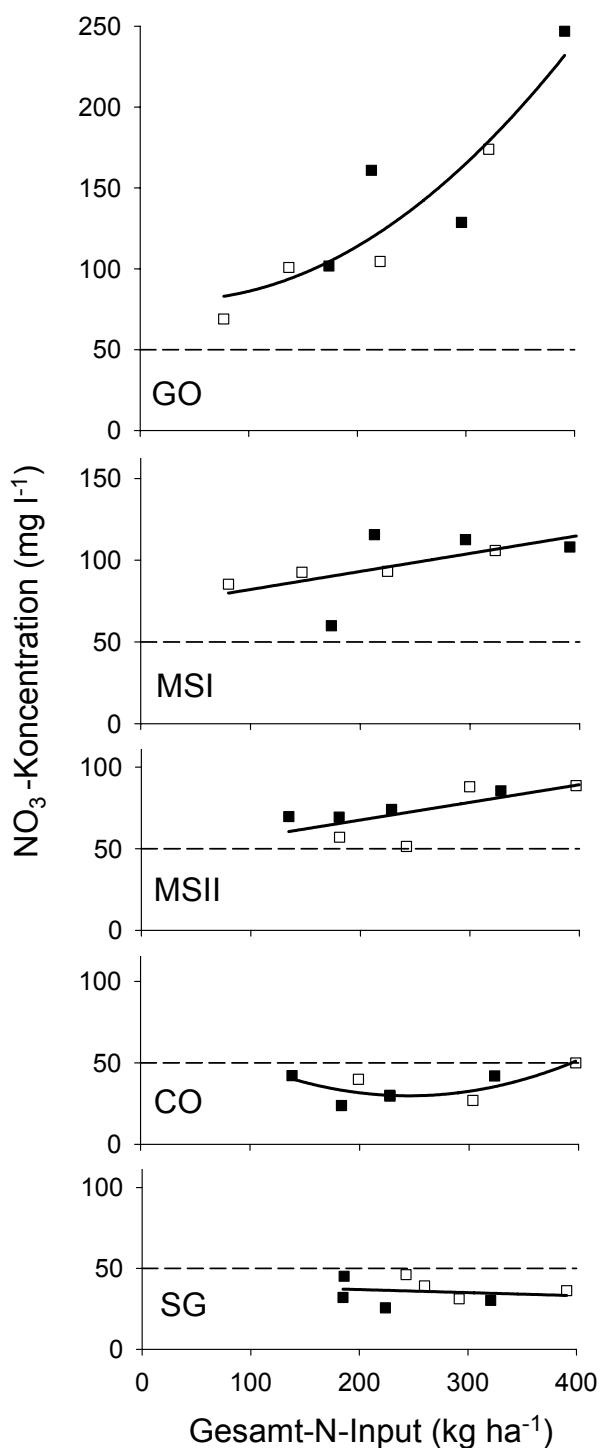


Abb. 1: Beziehungen zwischen NO₃-Konzentration und Gesamt-N-Input bei variiertem Nutzungsform des Grünlandes [Weide (GO); 1 Schnitt plus Nachweide (MSI); 2 Schnitte plus Nachweide (MSII); 4 Schnitte (CO); Simulierte Weide (SG)]. Die horizontale, gestrichelte Linie stellt den EU-Grenzwert von 50 mg NO₃ l⁻¹ dar.

Konzentrationswerte über dem EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg l⁻¹ liegen. Lediglich bei reiner Schnittnutzung wird dieser Wert erst bei maximalem N-Input von 400 kg ha⁻¹ überschritten.

Eine gerichtete positive Beziehung herrschte zwischen der NO₃-Auswaschung und dem N-Saldo (nicht dargestellt), wobei sich die Nutzungsformen zwar deutlich voneinander abhoben, aber dennoch einem gemeinsamen Muster ($y=17,2200+0,1907x$; $r^2=0,77$; s.e. 10,4; y = NO₃-Auswaschung in kg N ha⁻¹; x =N-Saldo kg ha⁻¹) folgen.

Literatur

Rotz C.A., F. Taube, M. Russelle, J. Oenema, M.A. Sanderson and M. Wachendorf (2005): Whole-Farm Perspectives of Nutrient Flows in Grassland Agriculture. Crop Science (in press).

Taube, F. and M. Wachendorf (2000): The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Aalborg, May 22-25, 449-451.

Trott H., M. Wachendorf, B. Ingwersen, F. Taube (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. Grass and Forage Science 59, 41-55.

Wachendorf M., M. Büchter, H. Trott and F. Taube (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. Grass and Forage Science 59, 56-68.

Nährstoff-Bilanz, Nährstoff-Effizienz und Wasserausnutzungsrate in einem Silomais-Ökosystem bei Düngung mit Rindergülle und Stallmistkompost

Andreas Bohner & Gerfried Eder*

Einleitung

Silomais gilt als düngungsintensive Kulturart mit hoher Gülleverträglichkeit und großem Stickstoff-Aufnahmevermögen. Der Silomaisanbau wird infolge hoher Stickstoff-Bilanzüberschüsse häufig mit beträchtlichen Nitrat-Einträgen ins Grundwasser in Verbindung gebracht. Daher wurden diese Untersuchungen in einem Silomais-Ökosystem für zwei Düngervarianten (Rindergülle, Stallmistkompost; jeweils 2.7 GVE pro ha) durchgeführt.

Material und Methoden

Die Versuchsflächen mit dem Silomais und die Lysimeteranlage (monolithische Feld-lysimeter) befinden sich an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Steiermark, Österreich) in 700 m Seehöhe. Die Böden sind tiefgründige Braunerden mit der Bodenart lehmiger Sand. Das Untersuchungsjahr 2003 war mit 862 mm Jahres-Niederschlag und einer Juli-Temperatur von 17,8° C deutlich niederschlagsärmer und im Sommer wärmer als der langjährige Durchschnitt. Das Ertragsniveau von Silomais beträgt im klimatisch benachteiligten Untersuchungsgebiet 130-150 dt pro ha. Methodische Details sind bei Bohner et al. (2005) ausführlich beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anteil der Sickerwassermenge am Jahres-Niederschlag war sowohl bei der Düngung mit Rindergülle als auch bei der Düngung mit Stallmistkompost extrem hoch (Tabelle 1).

Tab. 1: Wasserausnutzungsrate und Nährstoff-Effizienz

	SW %	WAR	N	P	K	Ca	Mg	Na
Rindergülle	47	254	127	578	108	622	717	17158
Stallmistkompost	55	242	123	452	103	689	699	23907

SW % = Sickerwassermenge in % der Niederschläge; WAR = Quotient aus Wasserverbrauch (Jahres-Niederschlag - Sickerwassermenge) und Gesamt-Phytomasse; Nährstoff-Effizienz = Quotient aus erntbarer Phytomasse und deren Nährstoffmenge

Die ungünstige Niederschlagsverteilung im Trockenjahr 2003 mit häufigen Starkregenereignissen im Oktober dürfte hauptverantwortlich dafür sein. Hinzu kommt der relativ geringe Wasserverbrauch eines Silomais-Ökosystems auf Grund der weiten Reihenabstände und langen Bracheperiode dieser Kulturart. Die Sickerwassermenge war bei Düngung mit Stallmistkompost wegen des geringeren Wasserverbrauchs der Pflanzen durch Transpiration infolge niedrigerer Gesamt-Phytomasse (160 bzw. 179 dt ha⁻¹ TM) höher als bei Düngung mit Rindergülle. Die größere Sickerwassermenge und die mit Ausnahme von Phosphor und Kalium geringere Nährstoffspeicherung in

* Dr. Andreas Bohner und Dr. Gerfried Eder, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (HBLFA), Abteilung für Umweltökologie, Raumberg 38, A-8952 Irdning

der ober- und unterirdischen Phytomasse waren auch hauptverantwortlich für den vergleichsweise höheren Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser in der Variante mit Stallmistkompost (Tabelle 2). Mit dem Sickerwasser geht dem Silomais-Ökosystem in erster Linie Calcium verloren. Für den vergleichsweise hohen Ca-Austrag sind die relativ geringe pflanzliche Aufnahme und die hohe Ca-Aktivierung im Boden durch Säurepufferreaktionen hauptverantwortlich. Insgesamt waren im Trockenjahr 2003 die Nährstoffverluste durch Austrag mit dem Sickerwasser sowohl bei Düngung mit Stallmistkompost als auch bei Düngung mit Rindergülle äußerst gering; sie betragen weniger als 3 % der Nährstoffvorräte im Oberboden. Die NPK-Austräge machten weniger als 8 % der Einträge durch nasse Deposition und Düngung aus. Bei Düngung mit Rindergülle verbrauchte der Silomais 254 Liter Wasser für die Erzeugung von 1 kg TM und bei Düngung mit Stallmistkompost 242 Liter. Die Wasserausnutzung war demnach bei Düngung mit Stallmistkompost vergleichsweise günstiger, während der Silomais bei Düngung mit Rindergülle vor allem eine effizientere Phosphor-Verwertung aufwies (Tabelle 1).

Tab. 2: Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser und Nährstoff-Bilanz

	kg ha ⁻¹						kg ha ⁻¹				
	N _{anorg}	P	K	Ca	Mg	Na	N	P	K	Ca	Mg
Rindergülle	5	0,05	2	100	7	9	83	3	45	-26	13
Stallmistkompost	13	0,10	2	121	12	7	53	30	56	77	152

Nährstoff-Bilanz = Nährstoffzufuhr nasse Deposition + Nährstoffzufuhr Düngung - Nährstoffaustrag Erntegut - Nährstoffaustrag Sickerwasser

Eine Düngung mit Stallmistkompost in der Höhe von 2.7 GVE pro ha bewirkte bei allen untersuchten Makronährstoffen Bilanz-Überschüsse; diese waren bei Magnesium und Calcium besonders hoch (Tabelle 2). Bei einer Düngung mit Rindergülle in der Höhe von 2.7 GVE pro ha waren die Bilanz-Überschüsse auf Stickstoff, Kalium und Magnesium beschränkt; die Phosphor-Bilanz war nahezu ausgeglichen und die Calcium-Bilanz negativ (Tabelle 2). Die Nährstoffbilanz-Überschüsse werden im Boden gespeichert. Die jährliche Vorraterhöhung ist allerdings sehr gering; sie betrug im untersuchten Silomais-Ökosystem höchstens 1-2 % der Vorräte im Oberboden. Als Resümee kann festgehalten werden, dass im Trockenjahr 2003 bei einer Düngeraufwandsmenge von 2.7 GVE pro ha die Rindergülle etwas günstiger war als der Stallmistkompost. Eine Düngung mit Rindergülle führte zu höheren TM-Erträgen und geringeren Nährstoffausträgen mit dem Sickerwasser als bei Düngung mit Stallmistkompost; auch die Nährstoffverwertung der Silomais-Pflanzen war – bei allerdings höherem relativen Wasserverbrauch – effizienter. Die Bedeutung des Stallmistkompostes für die humuszehrende Kulturart Silomais liegt demgegenüber vor allem in seiner humussteigernden und somit wassersparenden (transpirationsvermindernden) Wirkung.

Literatur

Bohner, A.; M. Adam; A. Baumgarten und G. Eder 2005: Nährstoffkreislauf in einem Silomais-Ökosystem mit besonderer Berücksichtigung des Stickstoffs. 11. Gumpensteiner Lysimetertagung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 99-107.

Beisat von Zwischenfrüchten als Möglichkeit zur Reduzierung der N-Auswaschung in Wintergetreide

I. Mauscherling, R. Loges & F. Taube*

Einleitung

Die schwer steuerbare Stickstofffreisetzung aus eingearbeiteten Wirtschaftsdüngern bzw. Vorfruchtückständen stellt ein Problem im Management ökologisch wirtschaftender Betriebe dar (Loges & Heuwinkel, 2004). Als Folge können größere Mengen Stickstoff in das Drän- bzw. Grundwasser ausgetragen werden (Dreymann et al., 2003, Ruhe et al., 2003). Besonders vor Winterungen mit einem geringen N-Aufnahmepotential wäre der Einsatz von Zwischenfrüchten sinnvoll, was häufig zeitlich nicht möglich ist. Ziel der Studie ist es, neben dem klassischen Zwischenfruchtanbau vor Sommerungen, auch Mischbestände aus Zwischenfrüchten und Winterungen als Möglichkeit zur Verbesserung des N-Management zu testen.

Material und Methoden

In einem 2jährigen Feldversuch am Versuchsstandort Lindhof bei Kiel (Bodenart IS-sL, 40-45 Bodenpunkte, mittlerer Jahresniederschlag 774 mm, Jahresmitteltemperatur 8,7 °C) wurde der gemeinsame Anbau von Zwischenfrüchten mit Winterweizen bzw. Winterraps als Alternative zum herkömmlichen Verfahren des Zwischenfruchtanbaus vor Sommerweizen bzw. -raps untersucht. Die geprüften Faktoren und Faktorstufen sind in Tabelle 1 dargestellt. Als Vorfrucht diente Hafer nach Klee gras.

Tab. 1: Versuchsfaktoren des Feldversuches (2002-2004)

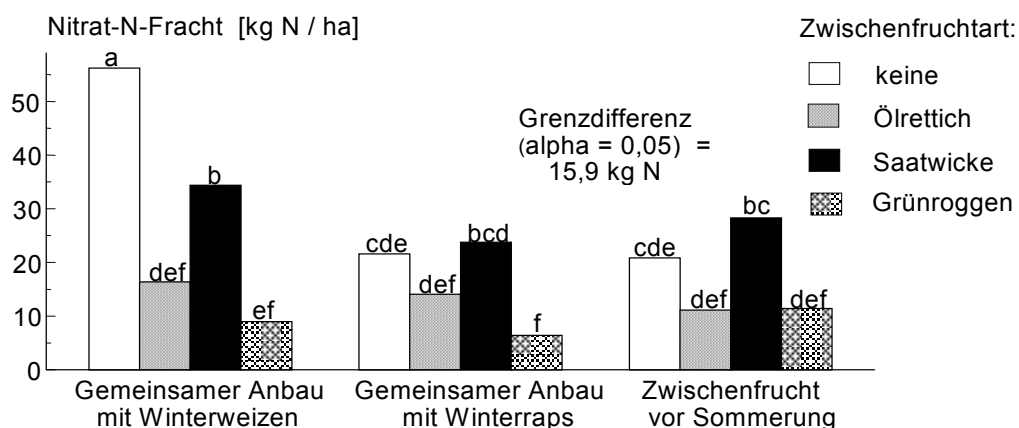
Faktor	Variation
1. Hauptfrucht	1.1 Winterweizen mit Zwischenfruchtbeisat 1.2 Winterraps mit Zwischenfruchtbeisat 1.3 Zwischenfrucht vor Sommerung
2. Zwischenfruchtart	2.1 Kreuzblütler: Ölrettich 2.2 Leguminose: Sommerwicke 2.3 Gramineae: Grünroggen 2.4 ohne Zwischenfrucht als Kontrolle
3. Sickerwasserperiode	3.1 15. Nov. 02–17. März 03 (Sickerwassermenge 152 mm) 3.2 19. Nov. 03–19. März 04 (Sickerwassermenge 221 mm)

Die Zwischenfrüchte vor den Sommerungen wurden nach Stoppelbearbeitung direkt gesät. Die Aussaat der Mischkultur-Zwischenfrüchte bzw. des Winterrapses erfolgten Mitte August nach einer Pflugfurche in getrennten Saatgängen. Der Winterweizen wurde 4-5 Wochen später versetzt zwischen die Zwischenfruchtsaatreihen gesät. Der jeweilige Saatreihenabstand betrug 36 cm. Die Abtötung des Grünroggens erfolgte im Frühjahr mittels einer Reihenfräse. Die Nitrat-N-Austräge wurden innerhalb der Sickerwasserperiode mittels keramischer Saugkerzen gestützt auf die klimatische Wasserbilanz ermittelt.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lehrstuhl Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, Email imaus@email.uni-kiel.de

Ergebnisse und Diskussion

Mit 56 kg N ha⁻¹ zeigten Winterweizenreinbestände eine als kritisch zu bewertende hohe N-Auswaschung. Verglichen mit der jeweiligen Kontrolle ohne Zwischenfrüchte führten Grünroggen bzw. Ölrettich sowohl im Reinbestand als auch im Mischanbau mit Winterweizen bzw. -raps zu 30–80% reduzierten N-Austrägen. Im Vergleich zu den geprüften nichtlegumenen Zwischenfrüchten wies die Saatwicke ein deutlich geringeres Potential auf. Der Sommerweizenertrag lag in allen Varianten über dem des Winterweizens, wobei der Anbau von Zwischenfrüchten zu keinen Mehrerträgen führte. Der Winterweizenertrag wurde in der Variante mit dem Ölrettich gegenüber der Kontrolle gesteigert. Der Grünroggen als Zwischenfrucht zeigte eine zu hohe Konkurrenzskraft gegenüber dem Winterweizen, so dass dieser nicht beerntbar war.



F-Werte und Signifikanzniveaus der Varianzanalyse:

Jahr (J)	Anbauart (A)	Zwischenfr. (Z)	J * A	J * Z	N * Z	J * A * Z
89,10***	17,52***	37,28***	n. s.	9,7***	8,15***	n. s.

Abb. 1: Nitrat-N-Fracht im Sickerwasser in Abhängigkeit des Anbauverfahrens im Mittel der Sickerwasserperioden 2002/03 und 2003/04

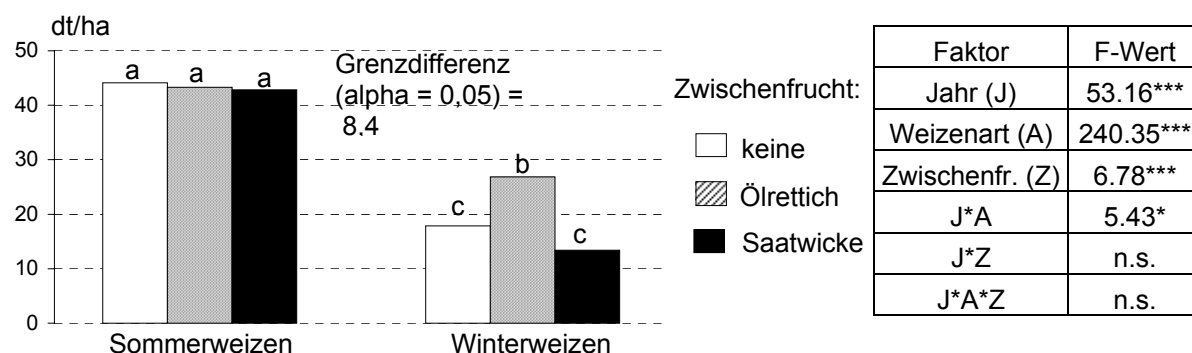


Abb. 2: Weizenerträge in Abhängigkeit der Zwischenfrucht 2002/03 und 2003/04

Literatur

- Dreyman S, Loges R, Taube F (2003) Einfluss der Klee grasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 15: 83-86
- Loges R, Heuwinkel H (2004) Mulchen oder Schnittnutzung von Klee gras – Auswirkung der Bewirtschaftung von Klee grasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen In Schmidt H. (Hrsg.) Viehloser Öko-Ackerbau – Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag: Professur für Organischen Landbau Justus-Liebig-Universität Gießen

Die Auswirkungen einer einmalig variierten Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Verunkrautung und Nitratauswaschung unter ökologischen Produktionsbedingungen

Annette Häberle*, Sabine Gruber*, Wilhelm Claupein*,
Christoph Prade** & Karl Stahr**

Einleitung

Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind in ihren Anbauverfahren zur Förderung der Ertragsbildung, zur Unkrautkontrolle und zur Kontrolle von Schaderregern und Schädlingen auf eine zeit- und bedarfsgerechte Bodenbearbeitung besonders angewiesen. Dies steht zum Teil im Widerspruch zu gesetzlichen Regelungen zur Reduzierung von Nitratausträgen in Wasserschutzgebieten. Die vorliegende Studie über verschiedene Verfahren und Termine der Bodenbearbeitung auf ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben in Baden-Württemberg soll Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Bodenbearbeitungsverfahren N-Austräge erhöhen und ob durch die Anwendung nitratreduzierender Maßnahmen eine Beeinträchtigung der Anbauverfahren im Ökologischen Landbau entsteht.

Material und Methoden

Die Versuche (2002-2005) sind in drei bodenarttypischen Gebieten Baden-Württembergs angelegt (Main-Tauber-Kreis: Muschelkalk, Schwäbische Alb: Kalk, Gäu: Löss). Alle Versuchsflächen befinden sich in Wasserschutzgebieten. Die Anlage der Versuche wurde jeweils an die Ernte von N-fixierenden oder N-intensiven Vorfrüchten angeschlossen. Körnerleguminosen als Vorfrüchte waren nicht vorhanden, so dass insgesamt von geringeren Rest-N_{min}-Werten im Boden nach der Ernte ausgegangen werden konnte. Je Versuch wurden die Auswirkungen 5 verschiedener Verfahren und Zeitpunkte der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung (Tab. 1) auf die Stickstoffmineralisation und die Stickstoffauswaschung, den Unkrautdruck und den Ertrag untersucht.

Tab. 1: Varianten der Bodenbearbeitung (4 Wiederholungen/Versuchsfeld)

Variante	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
Pflug Okt. Grubber Okt. Pflug Nov. Pflug Dez. Pflug Febr.	Pflug Grubber Begrünung X Begrünung	Saat WW Saat WW Pflug X Begrünung				Saat SW Saat SW Saat SW
			Pflug Begrünung	Begrünung	Pflug	

WW: Winterweizen, SW: Sommerweizen

Auf allen Standorten wurden Auflauf, Bestandesdichte und Ertrag der Kulturpflanzen erfasst. Unkrautbonituren wurden im Mai durchgeführt (10 * 0,1 m²/Parzelle). N_{min}-Proben wurden im regelmäßigen Rhythmus gezogen, die Nitratauswaschung mit Hilfe von SIA-Systemen (Nitratpassivsammler) bestimmt.

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre, Fruwirthstraße 23, Universität Hohenheim

** Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Emil-Wolff-Straße 27, Universität Hohenheim

Ergebnisse und Diskussion

In den Ergebnissen (dargestellt Schwäbische Alb) der erhobenen pflanzenbaulichen Parameter zeigten sich innerhalb der vergangenen Versuchsjahre keine signifikanten Unterschiede zwischen den Auswirkungen der einzelnen Bearbeitungsmaßnahmen. Innerhalb der geprüften Varianten zeigten sich weder im Auftreten einzelner Unkräuter noch in der Gesamtverunkrautung signifikante Differenzen (Abb. 1). Eine Verschiebung der Populationszusammensetzung zugunsten perennierender Arten wurde nicht festgestellt. Die Ergebnisse bei den Erhebungen zur Bestandesentwicklung und den Ernteerträgen in den Varianten unterschieden sich nicht signifikant (Abb. 1).

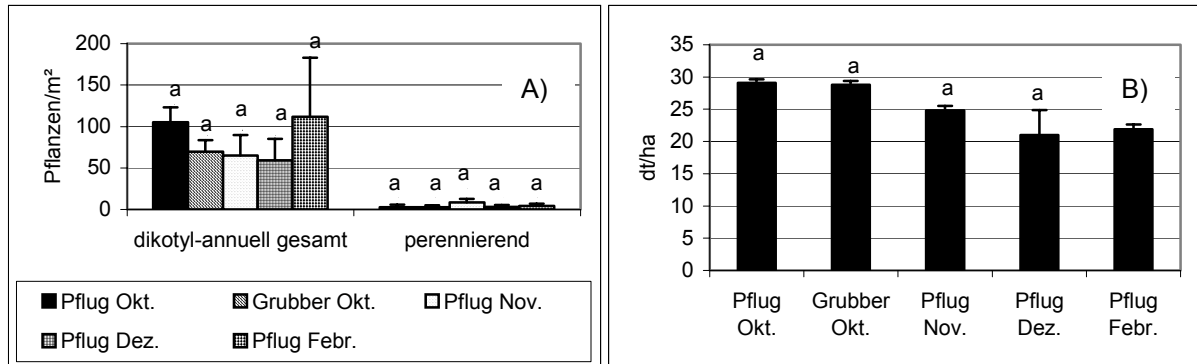


Abb. 1: Gesamtunkrautauflkommen Mai 2003 (A), Kornertrag Weizen 2003 (B), Schwäbische Alb, Balken: Standardabweichung, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$.

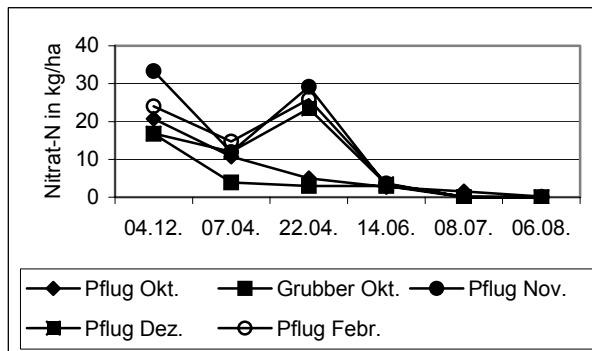


Abb. 2: Verlauf der N_{min} -Werte 2002/2003, Schwäbische Alb, Vorfrucht: Kartoffel.

Die durchgeführten bodenkundlichen Erhebungen zeigten im Verlauf der Stickstoffmineralisation im Boden Unterschiede im Hinblick auf den Zeitpunkt des Bearbeitungseingriffes. Die später bearbeiteten Varianten („Pflug Nov.“, „Pflug Dez.“, „Pflug Febr.“) hatten einen Anstieg der N_{min} -Werte im Frühjahr. Die Höhe der mineralisierten Menge an Stickstoff zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Hinsichtlich der Auswaschungsmengen an Nitrat ins

Grundwasser ließen sich nur sehr geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Bearbeitungsterminen und -verfahren erkennen. Eine starke Abhängigkeit sowohl der pflanzenbaulichen als auch der bodenkundlichen Ergebnisse von der Versuchsregion und dem jeweiligen Standort in Bezug auf Witterungs-, Boden- und Managementunterschiede war festzustellen. Auch WALD (2003) fand einen entscheidenden Einfluss des Standortes auf die Untersuchungsergebnisse unterschiedlicher Bodenbearbeitungen fest. Eine abschließende, verallgemeinerbare Aussage kann erst unter Einbeziehung der Daten aller Versuchsansätze, unter anderem weiterer bodenkundlicher Daten zur N-Verlagerung, getroffen werden.

Literatur

Wald, F. 2003: Einfluss der Bearbeitungsintensität beim Umbruch von Luzerne-Klee gras auf die Stickstoffmineralisation zur Folgefrucht Winterweizen im organischen Landbau. Diss., Hohenheim.

Alternative Nutzpflanzen für die Zöliakie-Diät

Jiří Petr*, Ivana Capouchová* & Helena Tlaskalová-Hogenová**

Einleitung

Zöliakie (Zöliakalsprue, glutensensitive Enteropathie) ist ständige Intoleranz gegen das in einigen Getreidearten enthaltene Gluten. Die Verzehrung von Nahrung mit Glutengehalt hat bei den Patienten eine Beschädigung der Darmschleimhaut zur Folge. Bei Weizen, Korn und Gerste kommt die Intoleranz gegen Glutenproteine bis auf Ausnahmen bei allen vor. Bereits 0,1% Gliadin in der Nahrung ist für den Patienten nachweisbar schädlich. Die größte Aufmerksamkeit widmeten wir der Sorghumhirse, einer wärmeliebenden Getreideart, die sich allerdings sehr schnell in Europa verbreitet und auch im Hinblick auf die Klimaerwärmung perspektivisch ist (Petr et al, 2003). Sehr bedeutende Kornfrüchtegruppe für die Zöliakie-Diät sind die sog. Pseudozerealien. Über Hafer wird bereits längst diskutiert, ob er den Kriterien für die Zöliakie-Diät entspricht (Capouchová et al, 2004).

Material und Methoden

Das Ziel unserer Forschung war eine Erweiterung des Kornfrüchte-Spektrums bei der Zöliakie-Diät. Wir machten eine ausführliche Untersuchung von Proteingehalt und Proteinfractionen ausgewählter Art, inklusive immunologischer Überprüfung der Eignung für diese Diät. Wir bauten diese Pflanzen auf traditionelle Weise in Mittelböhmen an und konnten so die Möglichkeiten ihres Anbaus in diesen Bedingungen bewerten. Wir stellten den Gesamtstickstoff (nach Kjeldahl) fest, Proteinstickstoff (nach Bernstein), die Zusammensetzung der Proteinfractionen (mit diskontinuierlicher Fraktionierung nach Osborn). Elektrophoretisch wurde die Zusammensetzung von Grundproteinen (SDS–PAGE ISTA) sowie von Prolaminproteinen (A–PAGE) untersucht. Die immunologische Ermittlung der Gliadin-Menge erfolgte mittels ELISA-enzyme immunoassay. Gemäß dem geltenden Codex alimentarius werden Nahrungsmittel, die weniger als 10 mg Gliadin pro 100 g haben, für glutenfrei gehalten.

Ergebnisse und Diskussion

Durchschnittliche Proteingehalte der untersuchten Kornfrüchte werden in der Literatur reichlich zitiert. Für die Ziele dieser Arbeit sind allerdings die Gehalte an einzelnen Proteinfractionen wichtig. Die Arten und Sorten, bei denen sich der Gehalt an Prolaminproteinen auf dem Niveau von 4 – 8 % bewegt, kann man mit Rücksicht auf die angewandte Methode für geeignete Pflanzenprodukte für diese Diät halten. Dies fanden wir bei Pseudozerealien. Bei Buchweizen betragen Prolamine 6,2 %, Gluteline 18,7 % und unlösliche Reste 25 %. Dies entspricht den Ergebnissen von Bonafaccia et al (1994), wo der Gehalt an Prolamin sogar unter 1% war und an Glutelin um 22%. Bei Rispen- und Kolbenhirse war der Prolamin- und Glutelingehalt auch niedrig.

Zwischen den Arten *Amaranthus hypochondriacus* und *Amaranthus cruentus* wurden keine bedeutenden Unterschiede in dem Anteil an einzelnen

* Tschechische Landwirtschaftliche Universität Prag, Fakultät für Agrobiologie d. Nahrungsmittel- und Naturressourcen, CZ 165 21 Praha 6, Suchbátov

** Mikrobiologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, Abt. Immunologie

Die Arbeit wurde von der Grantagentur der Tschechische Republik gefördert – Nr. 303/01/1380

Proteinfraktionen gefunden. Die Mohrenhirse weist etwas niedrigere Prolamin und Glutelinwerte auf als die Zuckerhirse.

Genauere Resultate bietet allerdings die elektrophoretische Analyse, und zwar A-PAGE der Prolaminproteine oder die für Glutenproteine entwickelte SPD-PAGE. Zöliakal aktiv sind die Proteine von Molekulargewicht von etwa 30 kDa.

Die Vertretung von Vorratsproteinen mit höherem Molekulargewicht (HMW) übersteigt bei Sorghumhirsen 5,57 %, bei Rispenhirse 5,5 %, bei Kolbenhirse war der Anteil nur 1,66 – 3,10%. Diese HMW-Gruppe wurde bei Amaranthus nicht festgestellt, bei Quinoa war der Gehalt 10,37 %. Für die Zöliakie-Diät wird vor allem der Gehalt an Fraktion von α -Prolaminproteinen kritisch.

Definitive Stellungnahme kann allerdings die Untersuchung der Anwesenheit zöliakal aktiver Gluteinproteine mit der Methode ELISA Test auf Grundlage monoklonaler Antikörper bieten. Ergebnisse dieser Tests bringt die Tabelle xxx. Ursprüngliche Diploid-, Tetraploid- und Hexaploid-Weizenarten überstiegen hoch die Gliadin-Grenzmenge. Bei altem ägyptischem Weizen Kamut und auch bei Triticale wurden beim Anbau in ökologischer Landwirtschaft Gehalte ein wenig unter dem Limit nachgewiesen. Im intensiven Anbau wurden jedoch die Grenzwerte überschritten. Ähnlich war es bei einigen Arten und Sorten von Hafer – dies ist einer weiteren Untersuchung wert.

Tab. 1: Immunologische Bewertung des Gliadiningehalts mit ELISA Test

Art, Sorte	Gliadiningehalt in mg pro 100 g Trockenmasse
Amarant <i>Amaranthus cruentus</i> (L.) Durchschnitt von Sorten	4,4
Amarant <i>Amaranthus hypochondriacus</i> (L.) Durchschnitt von Sorten	8,4
Reismelde (Quinoa) <i>Chenopodium quinoa</i> (Willd.)	1,8
Mohrenhirse <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Durchschnitt von Sorten	2,5
Zuckerhirse <i>Sorghum saccharatum</i> (L.) Durchschnitt von Sorten	3,1
Rispenhirse <i>Panicum miliaceum</i> (L.) Hirsen	< Std.
Kolbenhirse (Große Kolbenhirse) <i>Setaria italica</i> L. ssp. <i>maxima</i>	4,3
Bluthirse <i>Digitaria sanguinalis</i> ssp. <i>sanguinalis</i> (L.)	1,2
Buchweizen <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. Graupen	< Std.
Einkorn <i>Triticum monococcum</i> (L.)	>> Std.
Emmer <i>T. dicoccum</i> (Schrank)	>> Std.
Dinkel (Spelz) <i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> (L.)	>> Std.
Kamut (Gommer) <i>T. turgidum</i> (L.) , <i>T. polonicum</i> (L.)	> Std.
Triticale <i>Triticosecale</i> (Wittmack) Mützing	> Std.
Saathafer <i>Avena sativa</i> (L.)	240
Nackthafer <i>Avena sativa</i> var. <i>nuda</i> (L.)	51

< Std. – kleiner als Standard, weniger als Grenzmenge, d.h. als 10 mg für 100 g Trockenmasse

>> Std. – die Grenzmenge hoch überschreitend

Literatur

- Bonafaccia, G.; Acquistucci,R.; Luthar,Z. 1994: Proximate chemical composition and protein characterisation of the buckwheat cultivated in Italy. *Fagopyrum*, 17:43-48.
- Capouchová,I.;Petr,J.; Tlaskalová-Hogenová,H.; Michalík,I.; Faměra,O.; Urmínská,D.;Tučková,L.; Knoblochová,H. 2004: Protein fractions of oats and possibilities of oat utilisation for patients with coeliac disease. *Czech J.Food Sci.*, 22:151-162.
- Petr,J.; Michalík,I.; Tlaskalová,H.; Capouchová,I.;Faměra,O.;Urmínská,D.;Tučková,L.;Knoblochová,H. 2003:The utilisation of grain sorghum and sweet sorghum for gluten-free diet in coeliac disease. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 34:8-15.

Wenig genutzte Getreidearten – Wertvolle Quellen sekundärer Pflanzenstoffe mit gesundheitsfördernder Wirkung

Heinrich Grausgruber¹, Susanne Siebenhandl², Regine Schönlechner²
Peter Ruckenbauer¹ & Emmerich Berghofer²

Einleitung

Wenig genutzte Getreidearten, wie alte Weizenarten oder Nacktformen von Gerste und Hafer besitzen für eine Nischenproduktion v.a. in der biologischen Landwirtschaft eine gewisse Bedeutung. Traditionelle Aspekte und die (noch) begrenzte Nachfrage für die Herstellung spezieller Produkte sind die Ursachen für ihren Anbau.

Sekundäre Pflanzenstoffe besitzen keine Nährstoffeigenschaften für den Menschen und galten lange Zeit für die Ernährung als unbedeutend bzw. antinutritiv. Von Pflanzen werden diese Inhaltsstoffe nur in geringen Mengen produziert und dienen z.B. dazu um die Pflanze vor Fraß oder vor den schädlichen Auswirkungen der UV-Strahlung zu schützen. Aufgrund neuerer Untersuchungen gelten sekundäre Pflanzenstoffe als gesundheitsfördernd. Die ihnen zugeschriebenen Wirkungen reichen von antikanzerogen, antimikrobiell, antioxidativ, antithrombotisch, Blutdruck- und Blutglucose-beeinflussend, Cholesterin-senkend bis immunmodulierend.

In der vorliegenden Arbeit wurden wenig genutzte Getreidearten hinsichtlich ausgewählter sekundärer Pflanzenstoffe mit potentieller gesundheitsfördernder Wirkung charakterisiert.

Material und Methoden

Es wurden Vollkornmehle von Einkorn, Emmer, Khorassanweizen, Durum, Dinkel, Brotweizen, Gerste, Hafer und Roggen untersucht. Von Gerste und Hafer wurden bespelzte und nackte Formen, von Roggen die botanischen Varietäten *secale* und *multicaule* (Waldstaudenroggen), und von Durum, Brotweizen und Gerste neben den herkömmlichen Kornfarben auch blau- und violett- bzw. schwarzkörnige Varietäten untersucht. Neben der primären chemischen Zusammensetzung wurden β -Glucane, Gelbpigmente (Carotinoide), Polyphenole, Anthocyane und die reduzierenden Eigenschaften (antioxidatives Potential) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die alten Weizenarten Einkorn, Emmer, Khorassan und Dinkel zeichneten sich durch hohe Protein- (bis 25%) und Aschegehalte (>2%), jedoch niedrigere Ballaststoffgehalte (9-12%) aus. Trotz niedrigerer Werte gilt jedoch v.a. der Ballaststoffkomplex von Emmer als ernährungsphysiologisch besonders hochwertig (D'Antuono et al. 1998). Für den Cholesterin-senkenden Ballaststoff β -Glucan wurden die mit Abstand höchsten Gehalte bei Gerste festgestellt (Tab. 1). Die höchsten Gelbpigmentgehalte konnten in Einkorn nachgewiesen werden. Bei den Getreidecarotinoiden handelt es sich v.a. um die beiden als hitzeinstabil geltenden Xanthophylle Lutein und Zeaxanthin, deren hohe alimentäre Aufnahme das Risiko einer Maculadegeneration und Kataraktbildung verringern kann (Watzl & Bub 2001). In Einkornbrotanalysen konnte

Universität für Bodenkultur Wien

¹ Department für angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor Mendel Str. 33, 1180 Wien

² Department für Lebensmittelwissenschaften und Lebensmitteltechnologie, Muthgasse 18, 1190 Wien

nachgewiesen werden, dass die Gelbpigmente beim Backen nicht vollständig abgebaut wurden, sondern nur zu etwa 50-60%. Neben Einkorn waren auch in Durum, Khorassanweizen sowie in manchen Brotweizen (Gelbpigmentweizen) erhöhte Gelbpigmentgehalte vorhanden. Anthocyane waren erwartungsgemäß am stärksten in den schwarz-, blau- und violettkörnigen Varietäten vertreten. Es bleibt anzumerken, dass bei den schwarzkörnigen Gersten die eigentliche schwarze Farbe bisher nicht extrahiert werden konnte. Es handelt sich in diesem Falle um Melanin-ähnliche Pigmente. Die generell höchsten Polyphenolgehalte konnten bei Gerste nachgewiesen werden.

Tab. 1: Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe von Getreide

Probe	NF	BG	Y	ANT	PP
Einkorn	9,7	0,3	0,9-2,2	0,8	102
Emmer	7,4-9,4	0,3	0,5-0,7	0,8	106
Khorassan & Durum	9,7-11,2	0,5	0,4-1,2	0,5-0,7	95-110
Dinkel	9,4-10,2	0,7	0,5-0,6	1,2	111
Brotweizen	12,2-13,5	0,9	0,4	0,5-1,2	108
Blaukornweizen	14,5	0,9	0,5	5,4-6,0	119
Purpurweizen	15,7	0,7	0,7-1,1	2,4-7,5	144
Nacktgerste	12,3	3,1-7,1	0,6	0,5-4,9	170
Spelzgerste	20,5	3,2-6,3	0,6	1,5	68-220
Schwarze Spelzgerste	21,2	4,3-6,7	1,1	1,8-2,6	200
Nackthafer	14,7	4,5	0,4	0,4	128
Roggen	17,3	2,2	0,6	2,2	119
Waldstaudenroggen	17,0	1,9	0,6	1,8	132

NF, Nahrungsfaser (Ballaststoffe) (% TS); BG, β -Glucan (% TS); Y, Gelbpigment (mg β -Carotin-Äquivalent / 100 g TS); ANT, Anthocyane (mg Cyan-3-O-Glucosid-Äquivalent / 100 g TS); PP, Polyphenole (mg Ferulasäure-Äquivalent / 100 g TS)

Die Ergebnisse stellten eindrucksvoll den Wert wenig genutzter Getreidearten als Rohstoff für ernährungsphysiologisch wertvolle Lebensmittel unter Beweis. Einkorn ist eine äusserst wertvolle Quelle für Carotinoide, während blau- und violettkörnige Weizen und Gersten gegenüber herkömmliche Formen einen um das Vielfache erhöhten Anthocyangehalt aufweisen. Während die Carotinoide relativ gleichmässig im Korn verteilt sind, befinden sich die Anthocyane in den äusseren Kornschichten (Pericarp und/oder Aleuron). Für die Herstellung funktioneller Lebensmittel kommen somit nur Vollkornprodukte in Frage. Erste Versuche mit Brot und Teigwaren verliefen bisher positiv. Als ernährungsphysiologisch besonders wertvoll können Nacktgersten bewertet werden, die sich neben deutlich erhöhten Gehalten an Polyphenolen und deutlich höherem antioxidativen Potential, auch durch die höchsten β -Glucangehalte auszeichnen.

Literatur

D'Antuono, L.F., Galletti, G.C., Bocchini, P., 1998: J. Sci. Food Agric. 78: 213-219.
Watzl, B.; A. Bub, 2001: Ernährungs-Umschau 48:71-74.

Wir danken der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien (Projekt H-1038/2004) für die finanzielle Unterstützung.

Ertragsbildung bei Körneramarant (*Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus*) in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte

D. M. Gimplinger¹, G. Dobos², G. Schulte auf'm Erley¹ & H.-P. Kaul¹

Einleitung

Das von Trockenheit geprägte pannonische Klimagebiet Ostösterreichs eignet sich für den Anbau von Körneramarant, einer wärmeliebenden C₄-Pflanze. Allerdings existieren bislang kaum Untersuchungen zur optimalen Wahl der Bestandesdichte. Bislang veröffentlichte Ergebnisse beziehen sich überdies auf sehr unterschiedliche Genotypen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, an den Standort angepasste Zuchtstämme zu prüfen und für diese die Bestandesdichte zu optimieren.

Material und Methoden

An der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf im östlichen Niederösterreich wurde 2002, 2003 und 2004 ein Feldversuch angelegt. Je drei Zuchtstämme (Tab. 1)

von der Firma ZENO PROJEKTE wurden durch überhöhte Aussaatmengen und händisches Vereinzeln in fünf Bestandesdichten etabliert. Die angestrebten Dichten wurden 2002 und 2004 annähernd erreicht, 2003 konnten nur die niedrigen Dichten etabliert werden (Tab. 2). Die Erträge wurden durch Handernte erfasst. Die Erntezeitpunkte wurden in Abhängigkeit vom Reifezustand der einzelnen Genotypen gewählt. Unmittelbar nach der Ernte wurde die Kornfeuchte bestimmt.

Tab. 1: Amarantzuchtstämme

Zuchtstamm	Art	Reife
Neuer Typ	<i>A. hypochondriacus</i>	sehr früh
Anderer Typ	<i>A. hypochondriacus</i>	früh
Mittlerer Typ	<i>A. hypochondriacus</i>	mittelfrüh
Amar	<i>A. cruentus</i>	mittelspät

Tab. 2: Zieldichten und erreichte Dichten (Pflanzen/m²)

Ziel	8	17	35	70	140
Erreicht 2002	7	14	32	57	113
2003	10	18	36	—*	—*
2004	9	16	33	59	84

* Dichten nicht erreicht

Ergebnisse und Diskussion

Die durch Handernte gewonnenen Kornerträge lagen im Mittel zwischen 2000 und 3000 kg/ha (Abb. 1). Der kurzwüchsige Zuchtstamm „Neuer Typ“ sowie der hochwüchsige Zuchtstamm „Amar“ zeigten ein hohes Ertragspotential. Im Vergleich zu konventionellem Getreide ist der Ernteindex bei Körneramarant relativ niedrig. Der „Neue Typ“ erreichte allerdings einen auffallend hohen Ernteindex (Abb. 2). Ein wichtiges Zuchtziel ist die Abreife der Körner. Die frühreifen Zuchtstämme, deren Abreife drei bis vier Wochen vor dem Stamm „Amar“ erfolgt, zeigten zum Zeitpunkt der Ernte deutlich niedrigere Kornfeuchten (Abb. 3).

¹ Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² ZENO PROJEKTE, Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Angewandte Botanik, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

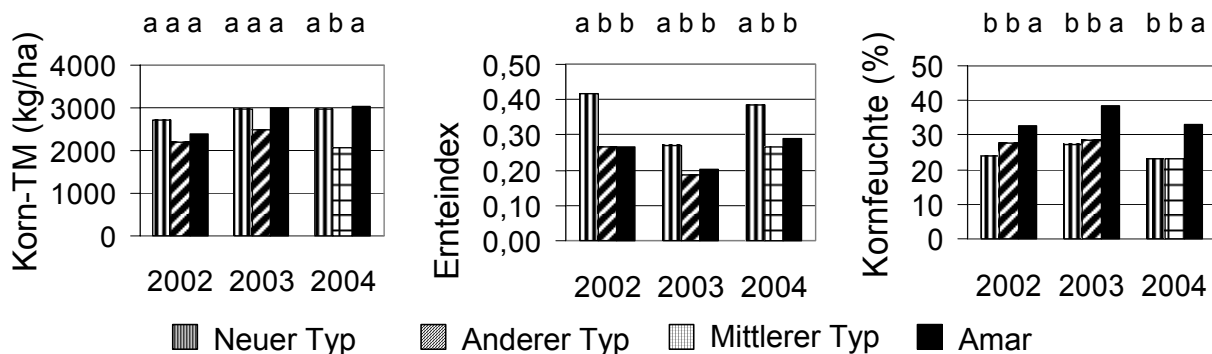


Abb. 1–3: Korn-Trockenmasse, Ernteindex und Kornfeuchte in drei Jahren (Mittelwerte aus den Dichten 8, 17, 35 Pflanzen/m²; Mittelwertsvergleiche: SNK, α = 0,05)

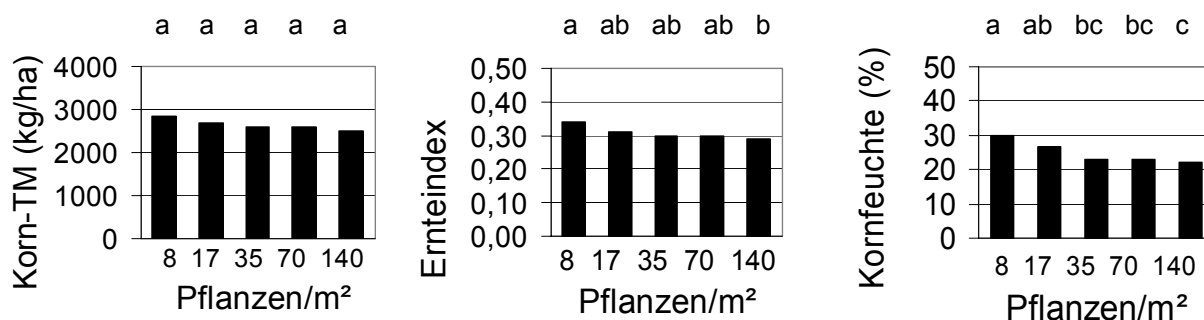


Abb. 4–6: Korn-Trockenmasse, Ernteindex und Kornfeuchte im Jahr 2004 in Abhängigkeit von der Bestandesdichte

(Mittelwerte aus drei Sorten; Mittelwertsvergleiche: SNK, α = 0,05)

Auf den Ertrag zeigte die Bestandesdichte in einem Bereich von 10–100 Pflanzen/m² in den Jahren 2003 (Daten nicht gezeigt) und 2004 (Abb. 4) keinen nachweisbaren Einfluss. Nur im Jahr 2002 bildeten die Bestände bei niedrigen Dichten signifikant höhere Kornerträge (Schulte auf´m Erley, 2003). Tendenziell nahmen die Erträge in allen drei Jahren mit zunehmender Dichte in geringem Umfang ab. Der mit steigender Dichte fallende Ernteindex (Abb. 5) ist daher insbesondere auf eine höhere nicht reproduktive Biomasse zurückzuführen. Deutlich reagierte die Pflanzengestalt auf zunehmenden Konkurrenzdruck im Bestand. Steigende Dichten führten zu dünneren Stängeln. Als Folge konnten bei Dichten ab 60 Pflanzen/m² bei der Sorte „Anderer Typ“ leichte Lagerschäden beobachtet werden. Hohe Dichten führten außerdem zu weniger verzweigten Pflanzen und generell zu einer schnelleren Abreife der Pflanzengrünmasse (Daten nicht gezeigt). Auf die Kornfeuchte zeigte die Bestandesdichte nur 2004 einen deutlichen Einfluss (Abb. 6). In diesem Jahr wurde die Abreife der Körner durch den zunehmenden Konkurrenzdruck beschleunigt.

Literatur

Schulte auf´m Erley, G. und H.-P. Kaul 2003: Was ist die optimale Bestandesdichte für den Anbau von Körneramarant? – Effekte auf Ertrag und Morphologie. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15: 256 – 257

Möglichkeiten und Grenzen der Züchtung von Sojabohnen für mitteleuropäische Anbaubedingungen

Johann Vollmann*

Hintergrund

In Europa werden jährlich auf einer Fläche von etwa 1.0 - 1.3 Mio ha Sojabohnen produziert. Auch in Österreich wurden während der vergangenen Jahre jeweils zw. 15.000 und 55.000 ha mit Sojabohnen bestellt, wobei die inländische Produktion den Bedarf an Sojabohnen und Sojaprodukten nur zwischen 5 und 15 % decken konnte. Derzeit stehen 22 zugelassene Sorten für den Anbau zur Verfügung, die hauptsächlich den Reifegruppen 000 (=sehr früh) bzw. 00 (=mittelfrüh) zuzuordnen sind; einzelne Sorten gehören der Reifegruppe 0 (=früh) an, später reifende Sorten (Reifegruppen I-X) gelangen in Österreich bzw. unter vergleichbaren mitteleuropäischen Bedingungen wegen des hohen Wärmebedarfs der Sojabohne nur in Ausnahmefällen zur Abreife.

Während die Sojabohne im weltweiten Maßstab als Ölpflanze betrachtet wird und die Eiweißproduktion eine Nebennutzung darstellt, steht im europäischen Sojaanbau der hohe Eiweißgehalt des Erntegutes von etwa 40 % im Mittelpunkt des Interesses und zieht spezifische Sortenanforderungen nach sich, wogegen der Ölgehalt von 20 % für eine wirtschaftliche Nutzung zu gering ist. Zudem sind in den europäischen Ländern seit langer Zeit Ölfruchtarten mit wesentlich höheren Ölgehalten und im Vergleich zum Sojaöl auch besseren Ölqualitäten pflanzenbaulich, verarbeitungstechnisch und marktmäßig etabliert. Auch im biologischen Landbau werden derzeit vermehrt Sojabohnen angebaut und besonders im Bereich der Speisesojabohnen vermarktet, wo sie ebenfalls spezifischen Anforderungen genügen müssen.

Anforderungen an Sorten und pflanzenzüchterische Möglichkeiten

Durch die geschilderten Produktions- und Verwertungsbedingungen des Sojaanbaus in Mitteleuropa werden besondere agronomische und qualitative Anforderungen an die anzubauenden Sorten und damit an die Pflanzenzüchtung gestellt.

In der Züchtung auf agronomische Merkmale ist neben der Ertragsleistung (österreich. Durchschnittserträge von 2100-2600 kg/ha in den vergangenen Jahren) eine ausreichend frühe Reife unerlässlich. Eine frühe Reifezeit ist allerdings aufgrund der kürzeren Vegetationsperiode immer mit geringeren Erträgen und niedrigerem Eiweißgehalt verbunden. Auch ist die genetische Diversität des Zuchtmaterials in den frühen Reifegruppen sehr gering, was immer wieder Gen-Introgressionen aus Genotypen später Reifegruppen nötig macht, um die Variabilität insgesamt zu erhöhen bzw. um spezifische Merkmalsausprägungen in einen frühreifenden genetischen Hintergrund zu übertragen. Die Abreifebedingungen im Spätsommer bzw. Frühherbst stellen hohe Ansprüche an die Platzfestigkeit der Hülsen, die nicht bei allen Sorten ausreichend gegeben ist, was bei verzögerter Ernte zu Ertragsverlusten bis zu 50 % führen kann. Auch die geringe Hülsenansatzhöhe über dem Boden besonders der kurztriebigen, frühreifenden Sorten führt zu signifikanten Ertragsverlusten, die durch Selektion auf hohen Hülsenansatz bzw. größere

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor Mendel Str. 33, A-1180 Wien, Österreich, johann.vollmann@boku.ac.at

Internodienlänge verringerbar sind. Zur Verhinderung einer Frühverunkrautung durch die langsame Jugendentwicklung der Sojabohne unter kühlen Witterungsbedingungen im Frühjahr ist eine besondere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern wünschenswert; neben pflanzenbaulichen Maßnahmen besteht die Möglichkeit der Selektion auf rasche Jugendentwicklung oder auf größere Blattfläche, um das Vermögen zur Unterdrückung von Unkräutern zu verbessern. Sojabohnen mit oval oder ovat geformten Fiederblättern (Abb. 1a) erlauben im Vergleich zu Formen mit lanzeolaten Fiederblättern (Abb. 1b) eine geringere Lichtinterzeption in den Bestand und auf die Bodenoberfläche, wodurch die Entwicklung von Unkräutern langsamer verlaufen kann.

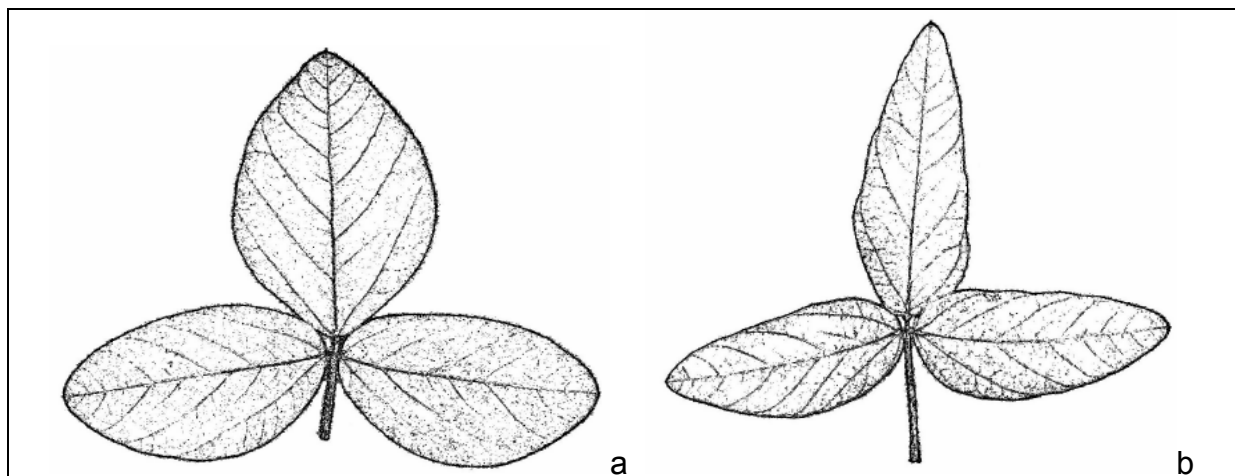


Abb. 1: Unterschiedliche Fiederblatt-Formen der Sojabohne; a=oval, b=lanzeolat

In der Züchtung auf Qualitätseigenschaften steht der Eiweißgehalt an vorderster Stelle, der nicht nur für die Futtermittelproduktion wertbestimmend ist, sondern als limitierender Faktor für die Eignung von Sojabohnen zur Herstellung von Tofu und anderen Lebensmitteln gilt. Neben einer züchterisch nutzbaren genetischen Variabilität im Proteingehalt (Vollmann et al., 2000) sind die Verbesserung der biologischen Stickstoff-Fixierung und die Verringerung des Samenölgehaltes mögliche Wege zur Erlangung entsprechender Sortentypen. Für eine „on-farm“-Verwertung des Sojaproteins ist zudem eine Verringerung der Aktivität an Trypsininhibitoren (Vollmann et al., 2003) von Interesse. Im Verwertungsbereich Speisesojabohnen bestehen neben dem Proteingehalt eine Reihe weiterer spezifischer Anforderungen an Sorten, z.B. eine helle Farbe des Hilums und der Samenschale, hoher Gehalt an Isoflavonen, geringer Gehalt an Oligosacchariden, niedrige Lipoxigenaseaktivität, spezifische Kornform, Korngröße und Geschmack bei Grünnutzung u.a.

Es ergeben sich somit für die Sojabohnenzüchtung je nach Anbau- und Verwertungsbedingungen unterschiedliche Zuchtziele, die nur in jeweils spezialisierten Sortentypen realisierbar sind.

Literatur

Vollmann, J., Fritz, C.N., Wagentristsl, H., und Ruckenbauer, P., 2000. Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *J. Sci. Food Agric.* 80:1300-1306.

Vollmann, J., Grausgruber, H., Wagentristsl, H., Wohleser, H. und Michele, P., 2003. Trypsin inhibitor activity of soybean as affected by genotype and fertilisation. *J. Sci. Food Agric.* 83:1581-1586.

Winterformen von Körnerleguminosen: Ergebnisse von Feldversuchen aus zwei Versuchsjahren und von drei Standorten

J. Poetsch*, D. Kauter** & W. Claupein*

Einleitung

Winterformen von Körnerleguminosen (*Pisum sativum*, *Vicia faba*, *Lupinus albus*) können durch ihren Entwicklungsvorsprung und längere Vegetationsdauer höhere Erträge als Sommerformen erzielen. Darüberhinaus sind hinsichtlich Wasserversorgung und Spätverunkrautung Vorteile durch frühere Blühphase und frühere Abreife möglich. Untersucht wurde der Einfluß von Sortenwahl und Anbaustrategie auf Winterhärte und Ertragsleistung von Winter- und Sommerformen im Vergleich.

Material und Methoden

In den Versuchsjahren 2003/04 und 2004/05 wurden Feldversuche durchgeführt, um die Realisierbarkeit der Vorteile von Winterformen gegenüber Sommerformen in Deutschland zu prüfen (Tab. 1). Auf der Versuchsstation Ihinger Hof wurden Sorteneignung, Einfluß von Saattermin und -dichte sowie Saattiefe (nur *V. faba*) bei konventioneller Wirtschaftsweise untersucht. Im vergleichsweise sommertrockenen Oberrheingebiet (Heitersheim) wurden Sorteneignung und Einfluß des Saattermines bei ökologischer Wirtschaftsweise untersucht. Ergänzend wurden auf der Versuchsstation Kleinhohenheim (ökologische Wirtschaftsweise) Versuche zum Einfluß von Saattiefe und Phacelia-Untersaat auf Überwinterung und Ertragsleistung von Winterlupinen durchgeführt.

Tab. 1: Übersicht der Feldversuche und der Versuchsfaktoren

Kultur	Jahr	Standorte (Anbausystem, Höhenlage, Klima im Jahresmittel)		
		Ihinger Hof konv., 478 m üNN Ø8,1°C, Ø693 mm	Heitersheim ökol., 245 m üNN Ø10,1°C, Ø669 mm	Kleinhohenheim ökol., 400 m üNN Ø8,8°C, Ø698 mm
<i>Lupinus albus</i>	2003/04	4 Sorten (2W + 2S) je 2 Saaddichten je 2 Saattermine	4 Sorten (3W + 1S) je 2 Saattermine	2 Wintersorten 2 Saattiefen
	2004/05			3 Wintersorten mit/ohne Untersaat
<i>Pisum sativum</i>	2003/04	4 Sorten (2W + 2S) je 2 Saaddichten je 2 Saattermine	4 Sorten (3W + 1S) je 2 Saattermine	
	2004/05			
<i>Vicia faba</i>	2003/04	4 Sorten (2W + 2S) je 2 Saaddichten je 2 Saattermine	2 Sorten (1W + 1S) je 2 Saattermine	
	2004/05	je 2 Saattermine 2 Saattiefen (nur W)	4 Sorten (3W + 1S) je 2 Saattermine	

W: Wintersorte S: Sommersorte

Ergebnisse und Diskussion

Bei *L. albus* traten im ersten Versuchsjahr an allen Standorten massive Bestandesverluste durch Frost, sowie am Oberrhein durch Fraßschäden und auf dem Ihinger

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, D-70599 Stuttgart

** Institut für Rasen und Begrünung, Postfach 150, CH-3602 Thun

Hof durch *Colletotrichum lupini* auf. Ertragsdaten konnten nicht erhoben werden. Auf dem Ihinger Hof wurde der Versuch nicht fortgesetzt. An den anderen beiden Standorten wurde die Saatedichte der Winterformen aufgrund des beobachteten Wuchshabitus sortenspezifisch erhöht. Im zweiten Versuchsjahr lagen die Winterverluste bei 4-15% (Saat im September) bzw. 26-70% (Saat im Oktober, Oberrhein).

Bei *P. sativum* traten Verluste über Winter bis 13% auf, mit einer Tendenz zu höherem Feldaufgang, jedoch geringerer Überwinterung bei früher Saat. Vereinzelt aufgetretene, noch höhere Verluste waren überwiegend auf biotische Schadensursachen (Vogelfraß, Nematoden, *Phoma/Ascochyta*) zurückzuführen, die auch die Ertragsergebnisse zum Teil maßgeblich beeinflussten. Im ersten Versuchsjahr zeigte sich ein signifikanter Effekt des Saattermines auf den Ertrag (Abb. 1). Am Oberrhein erlitt die Sommersorte einen Totalausfall (Ursache unklar). Bei den Wintersorten war der frühe Saattermin trotz höherer Auswinterung von Vorteil. Das Ertragsniveau lag dort etwas über den Praxiserträgen mit Sommersorten. Auf dem Ihinger Hof wurden die Winterformen von Nematoden befallen. Eine frühe Sommersaat war hier am ertragreichsten. Der einzige signifikante Sorteneffekt war eine geringere Ertragsleistung von Iceberg am Oberrhein.

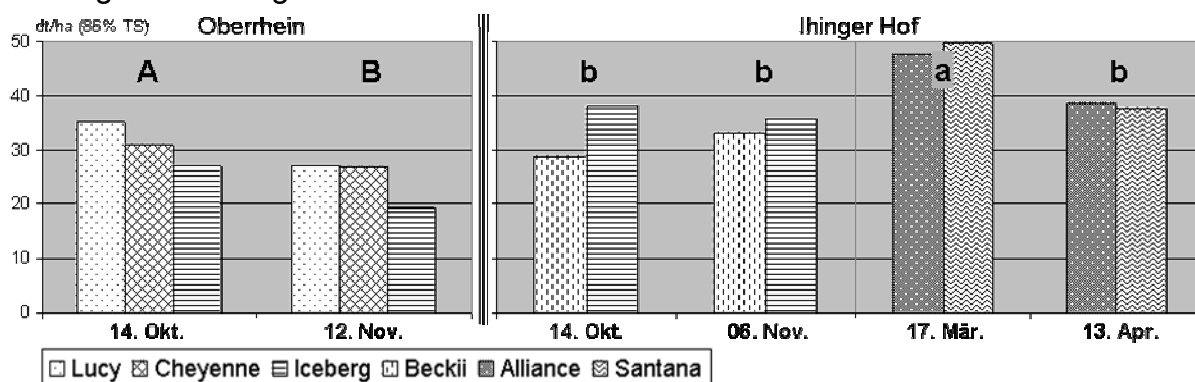


Abb. 1: Einfluß des Saattermines auf den Ertrag von Winter- und Sommersorten von *Pisum sativum* im Versuchsjahr 2004 an zwei Standorten

Die Winterhärte von *V. faba* erwies sich mit Bestandesverlusten <5% als ausreichend. Im ersten Versuchsjahr wurden am Oberrhein die Sommerform stark ertragsmindernd mit *Botrytis fabae* und auf dem Ihinger Hof die Winterformen mit *Botrytis* und Nematoden befallen, so daß die Ertragsdaten nur bedingt aussagekräftig sind. Der Saattermin hatte bei *V. faba*, im Gegensatz zu *P. sativum*, keinen absicherbaren Effekt. Allerdings lag beim Ertrag auf dem Ihinger Hof eine signifikante Interaktion Sorte x Termin x Tiefe vor, wobei sich alle sign. Mittelwertsvergleiche zwischen den Wintersorten Karl und Diva wiederfanden, während die Sommersorten dazwischen lagen. Das mittlere Ertragsniveau der Sorte Karl lag bei 26,5 dt/ha am Oberrhein bzw. 44,4 dt/ha auf dem Ihinger Hof (86% TS). Vorläufige Aussagen lassen sich zur Winterhärte (*V. faba* > *P. sativum* > *L. albus*) sowie zum Einfluß des Saattermines auf Überwinterung und Ertrag treffen (s.o.). Ein von biotischen Schadensfaktoren weniger stark beeinflusster Ertragsvergleich zwischen Winter- und Sommerformen wird nach Ernte der Versuche 2005 erwartet.

Literatur

Union Nationale des Plantes riches en Protéines; Institut technique des Céréales et des Fourrages (Hrsg.) 2002: Variétés de Protéagineux – Pois, Lupin, Féverole. Paris.

Einfluss optimaler bzw. suboptimaler Wasserversorgung sowie unterschiedlicher Kaliumdüngergaben und -formen auf den Knollenertrag von drei Topinambursorten bzw. -herkünften (*Helianthus tuberosus* L.) sowie auf den Gehalt von Zuckerstoffen und Fructanen in den Speicherorganen

Kerstin Stolzenburg*

Einleitung

Der Anbau von Topinambur erfordert eine bedarfsgerechte Wasserverfügbarkeit. Vorangegangene Versuche der LAP Forchheim hatten gezeigt, dass Wassermangel in der Hauptwachstumszeit der Sprossknollen zwischen Juli und Oktober die Knollengröße und die verfügbare Speicherkapazität für Fructane beeinflusst. Um einen Gesamtbiomasseertrag von 15 t TM/ha zu realisieren, wurde ein Wasserbedarf von ca. 620 Liter Wasser/m² errechnet. Der Transpirationskoeffizient von Topinambur liegt trotz des hohen Krautanteils von 41 % an der Gesamtbiomasse und der damit verbundenen hohen Verdunstungsfläche bei 400 l/kg TM und damit in einem Bereich zwischen Kartoffeln und Zuckerrüben. Vor diesem Hintergrund erschien es interessant zu prüfen, ob die Variation der Faktoren Wasser und Kaliumdüngung über eine Beeinflussung der osmotischen Verhältnisse in den Speicherorganen Auswirkungen auf den TM-Ertrag sowie die Fructanakkumulation in den Knollen haben würden.

Material und Methoden

Im Zeitraum 2000/01 bis 2003/04 wurde an der LAP Forchheim ein Versuch zur Prüfung von Knollenertrag, Zucker- und Inulingehalt bei variiertem Kalium- und Wasserversorgung durchgeführt. Untersucht wurden die Düngungsvarianten 150, 250 und 350 kg K₂O/ha sowie eine optimale und suboptimale Wasserversorgung.

Neben der über alle drei Versuchsjahre geprüften Düngerform Kaliumsulfat wurden 2002/03 sowie 2003/04 zusätzlich Kaliumchloridvarianten angelegt. Die Stickstoffdüngung erfolgte über den gesamten Zeitraum einheitlich mit 80 kg N/ha abzügl. N_{min} zu Vegetationsbeginn. Im Versuchsjahr 2002/03 wurde mit einer zweiten N-Stufe (120 kg N/ha) ein zusätzlicher Prüffaktor eingebaut. Die Parzellengröße zur Ernte betrug jeweils 13,5 m². Die Versuchsvarianten wurden 3fach wiederholt.

Die Inulin-Bestimmung erfolgte im Labor der LAP Forchheim nach Hydrolysierung mit Oxalsäure-Lösung (0,1 mol/l) mittels HPLC. Die Quantifizierung von Fructose, Glucose und Saccharose vor der Hydrolyse wurde ebenfalls am HPLC vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Wasserversorgung und Kalium-Düngung beeinflussen sowohl die Quantität als auch die Qualität des Rohstoffes Topinambur im Hinblick auf dessen Weiterverarbeitung. Unabhängig von der ausgebrachten Düngerform wurden für Knollenertrag und Knollengewicht optimal mit Wasser versorgter Bestände signifikant höhere Werte ermittelt als bei suboptimal versorgten Pflanzen. Kaliumsulfat-Varianten blieben dabei im Knollenertrag in der Regel hinter den mit Kaliumchlorid gedüngten Beständen zurück. Eine Steigerung der Kaliumdüngung brachte in der suboptimalen Beregnungs-

* Dipl.-Ing.agr. Kerstin Stolzenburg, LAP Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten
Tel. 0721/9518-217, Email: Kerstin.Stolzenburg@lap.bwl.de, Internet: <http://www.lap-forchheim.de>

variante keinen signifikanten Ertragszuwachs. Bei optimaler Wasserversorgung wurde tendenziell ein geringer Mehrertrag ermittelt (Abb. 1).

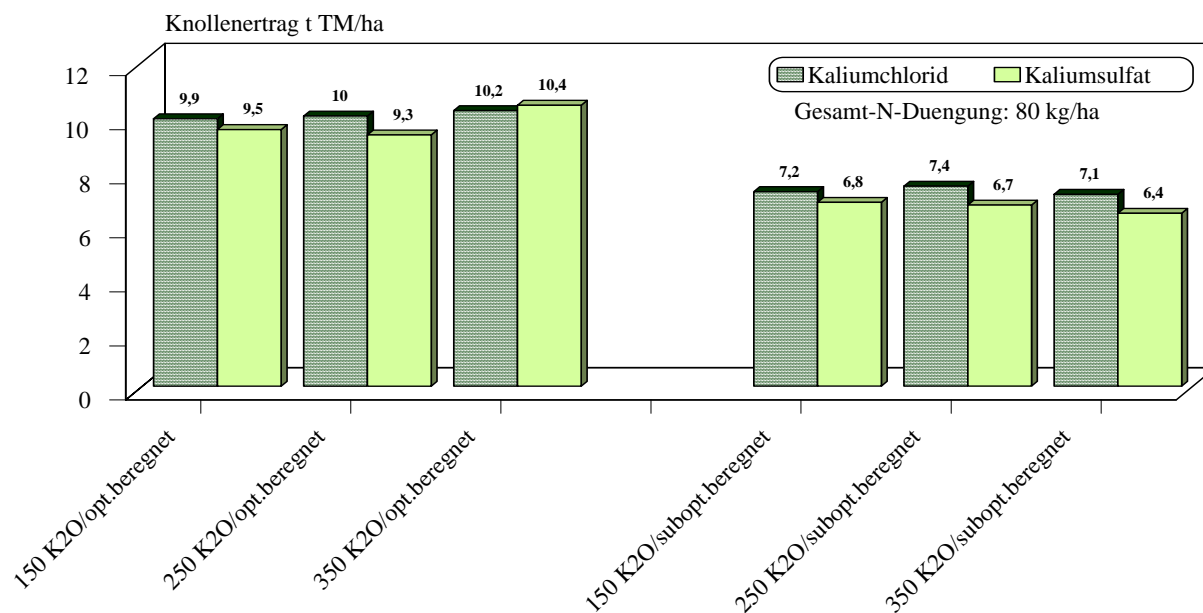


Abb. 1: Topinambur, Knollenertrag (Mittel über 3 Sorten und 2 bzw. 3 Jahre)

Bei optimaler Wasserverfügbarkeit stiegen im Vergleich zur suboptimalen Versorgung mit Ausnahme des Fructosegehaltes nach der Hydrolyse die Gehalte der wasserlöslichen Kohlenhydrate vor und nach der Hydrolyse in den geprüften Kaliumstufen an. Im Mittel über drei Jahre hatte die Steigerung des Kalium-Angebotes hingegen keinen direkten Einfluss auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Beide Kaliumdüngerformen wirkten sich unterschiedlich auf die Zuckerkonzentrationen in den Speicherorganen aus. Kaliumsulfatdüngung bewirkte eine Erhöhung der Inulin- und Saccharose-Gehalte vor der Hydrolyse sowie signifikant höhere Fructose-Werte nach der Hydrolyse. Der Polymerisationsgrad der Fructane lag zur Knollenernte Ende Februar bereits auf sehr niedrigem Niveau. Die berechneten Varianten waren mit 1:4,9 (Fructose:Glucose) den unberechneten mit 1:4,6 tendenziell überlegen. Abschließend bleibt anzumerken: Zusatzberechnung bewirkte einen deutlichen Knollenertragszuwachs. Hinsichtlich der Einlagerung von Fructanen in Topinamburknollen ließ sich eine enge Korrelation zum Knollenertrag nachweisen ($r^2=0,93$). Kaliumchloriddüngung wirkt sich beim ertragsorientierten Anbau von Topinambur positiv auf den Knollenertrag aus. Kaliumsulfat unterstützt hingegen den qualitativen Aspekt, in dem vor allem der Gehalt an den Hauptinhaltsstoffen Inulin und Fructose nach der Hydrolyse zunimmt. Entscheidend für die Wahl der Kaliumdüngerform wird der Hektarertrag an Inulin und Fructose sein.

Literatur

- Höppner, F. 1991: Fructanspeicherung in Spross und Knolle von Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) sowie Einfluss der Wasserversorgung auf Wachstum und Ertrag, Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- Stolzenburg, K. 2002: Topinambur – Anbau und Verwertung, Sonderheft 1/2002 der Reihe Informationen für die Pflanzenproduktion, Herausgeber: LAP Forchheim

Wirkung differenzierter N-Düngung auf Inhaltsstoffgehalt und Morphologie der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* Winkl.) in einem Gefäßversuch

Matthes, C. & B. Honermeier*

Einleitung

Beim kommerziellen Anbau der Artischocke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *flavescens* Winkl.) als Arzneipflanze werden hohe Forderungen an die Qualität der Blattdroge gestellt. Angestrebt wird ein hoher Gehalt an phenolischer Verbindungen, vor allem Caffeoylchinasäurederivate (CCS) und Flavonoide. Um diese Forderungen zu erfüllen, sind angepasste produktionstechnische Maßnahmen, u. a. hinsichtlich der N-Düngung erforderlich. Aus diesem Grund sollte in einem Gefäßversuch der Einfluss unterschiedlicher N-Formen sowie N-Konzentrationen auf den Gehalt und die Zusammensetzung an phenolischen Verbindungen in den Blattdrogen der Artischocke wie auch auf die Morphologie der Pflanzen untersucht werden.

Material und Methoden

Im Jahr 2004 wurde ein zweifaktorieller Gefäßversuch mit der Artischockensorte 'White Giant' durchgeführt (regelmäßige Rotation der Gefäße, 8 Wdhlg., 1 Pflanze/Gefäß, Pflanztermin: Ende April 2004). Der Versuch enthielt die Prüffaktoren A – N-Düngerform mit vier Stufen (NO₃, NH₄, Harnstoff, Nitrifikationsinhibitor (NI)) und B – N-Konzentration mit drei Stufen (0,75 g N, 1,5 g N, 2,5 g N/Gefäß). Die N-Düngung erfolgte beim Ansetzen der Gefäße sowie nach jedem Schnitt. Insgesamt wurden 3 Ernten durchgeführt, wobei das Erntegut in grüne und gelbe Blätter sowie in Blütenköpfe und Stängel separiert wurde. Mit Hilfe einer etablierten HPLC-Methode und anschließender Komponentendetektion (Dioden-Array-Detektor) wurde der Gesamtanteil an CCS-Verbindungen und Flavonoiden bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte im Falle des Ertrags und der CCS-Verbindungen nach Kruskal-Wallis ($p_{(\alpha = 5\%)} \leq 0,003$) und anschließendem Mann-Whitney-Test. Für die Flavonoide konnte eine mehrfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt werden ($p_{(\alpha = 5\%)} \leq 0,006$).

Ergebnisse und Diskussion

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse (Mittelwerte aus drei Ernten) basieren ausschließlich auf den grünen Rosettenblättern. Es wurde festgestellt, dass bei allen vier N-Düngerformen eine Erhöhung der N-Konzentration zu einer signifikanten Abnahme der Gehalte an phenolischen Verbindungen (CCS + Flavonoide) führte (s. Abb. 1). Zwischen den Prüffaktoren N-Düngerform und N-Dosis bestand keine Wechselwirkung. Die Wirkung der N-Dosis auf TM-Ertrag und Blattmorphologie wurde in starkem Maße durch die N-Düngerform modifiziert. Die Erhöhung der N-Dosis bewirkte bei NO₃ und beim NI eine signifikante Zunahme des Drogenertrags (s. Tab. 1). Beim Harnstoff wurde ein signifikanter Ertragszuwachs nur zwischen den ersten beiden N-Konzentrationen festgestellt. Die NH₄-Variante zeigte dagegen bei 2,5 g N/Gefäß eine signifikante Ertragsdepression, die sich auch in einer verringerten Wuchshöhe und Blattbreite äußerte. Als mögliche Ursache dafür wird eine hohe NH₄-Konzentration in den Zellen angesehen, die zur NH₄-Toxizität im Cytosyl geführt haben könnte. Daneben könnte auch eine Verminderung der pH-Werte in den Zellen

* Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Giessen, Ludwigstrasse 23, 35390 Giessen, christian.matthes@agrار.uni-giessen.de

wie auch in der Rhizosphäre eingetreten sein, die zu diesen Effekten beitrug (MENGEL, 1991). Ein Verdünnungseffekt der Wirkstoffe kann deshalb nur für NO₃ und NI als mögliche Ursache für die Abnahme der CCS-Gehalte mit zunehmender N-Dosis angesehen werden, nicht für NH₄ und Harnstoff.

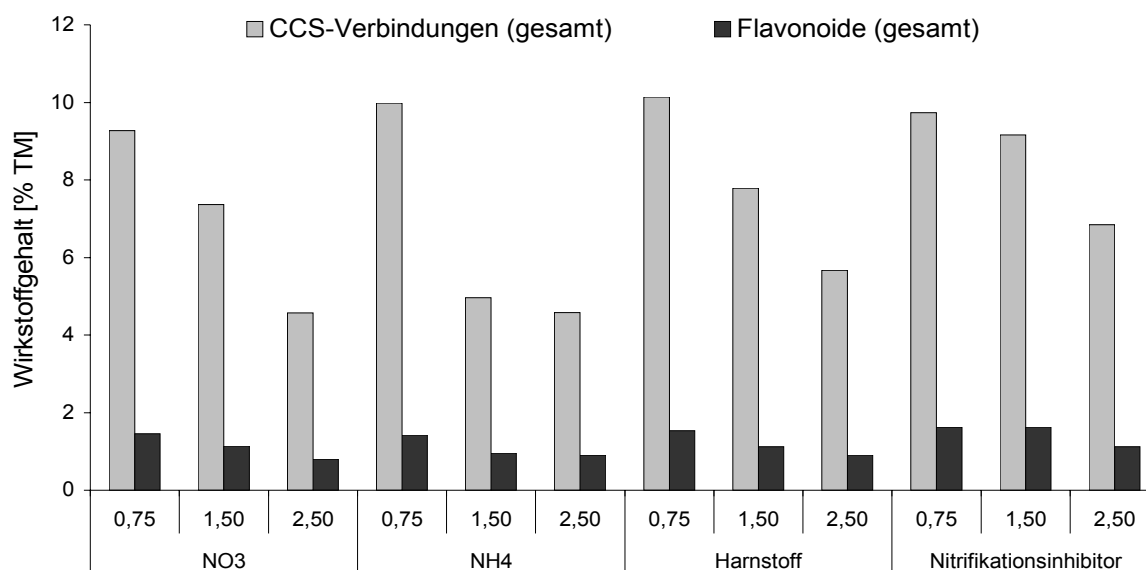


Abb. 1: CCS- und Flavonoidgehalte (% der TM) in Abhängigkeit von N-Form und N-Konzentration, Gefäßversuch mit Artischocken, Rauschholzhausen, 2004.

Tab. 1: TM-Erträge sowie morphologische Prüfmerkmale in Abhängigkeit von N-Form und N-Konzentration, Gefäßversuch Rauschholzhausen, 2004.

N-Form	N-Konz. [g/Gefäß]	TM-Ertrag [g/Gefäß]	morphologische Prüfmerkmale [cm]		
			Wuchshöhe	Blattlänge	Blattbreite
NO ₃	0,75	14,50 ^a	20,42	44,38	18,12
	1,50	18,21 ^a	22,42	47,67	19,29
	2,50	31,41 ^b	24,95	49,80	20,00
NH ₄	0,75	15,97 ^a	24,54	48,29	20,63
	1,50	19,85 ^a	19,04	41,87	18,13
	2,50	10,61 ^b	19,79	37,36	16,36
Harnstoff	0,75	16,63 ^a	23,71	48,50	19,54
	1,50	28,28 ^b	25,42	54,00	23,46
	2,50	27,03 ^b	21,62	44,19	19,57
Nitrifikationsinhibitor	0,75	15,87 ^a	22,21	47,46	19,96
	1,50	21,49 ^b	25,33	53,88	21,17
	2,50	24,41 ^c	27,21	56,96	24,13

Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede auf dem Niveau $\alpha = 5\%$.

Bei NH₄ wurde sowohl eine Abnahme des Blattertrages als auch eine Reduktion des Wirkstoffgehaltes beobachtet. Es wird vermutet, dass die hohe NH₄-Konzentration zu einer Störung des Stoffwechsels der Pflanze führte, die offenbar auch eine starke Beeinträchtigung der Polyphenolsynthese bewirkte. Die Störung der Polyphenolsynthese könnte entweder durch eine Substratlimitierung oder durch eine Beeinträchtigung der Photosynthese induziert worden sein. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um den Einfluss von Nährstoffangebot und abiotischen Stressfaktoren auf die Gehalte von Polyphenolen in Arzneipflanzen zu klären.

Literatur

Mengel, K. 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, 7. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Qualitative Evaluation of the variety Bohemia of *Matricaria Recutita* L. in Organic and Traditional Agricultures

Miluše Štolcová & Anna Vildová*

Introduction

Camomile (*Matricaria recutita* L.) ranks among eight of the most important medicinal, aromatic and spicy plant varieties which are grown in Europe. The variety *Matricaria recutita* L. contains mainly essential oils (volatile oils) – 1,6-3%, flavonoids, bitter substances, mold components. *Matricaria recutita* L. belongs to the oldest exploited drug, which is planted and harvested in the Czech Republic. At present it is grown on about 90 ha of arable land.

The most important and oldest variety planted in the Czech Republic is the variety Bohemia. It is a variety, which was cultivated in the Czech Republic and licenced in 1952, and it belongs to diploid varieties of Chamomile (*Matricaria recutita* L.).

In the context of exploiting this drug in organic agriculture, we are testing this variety for its qualitative and quantitative characteristics with a special accent on the content of essential oils, the quantity of chamazulene and flavonoids, for cultivating in organic agriculture. We were paralleling accurate field experiments in conditions of both the traditional agriculture and the organic agriculture at the experimental farm Praha-Uhrineves, which is licenced for organic agriculture. We were monitoring the content and the quality of essential oils, the quality of chamazulene and flavonoids, and how these depend on growing technology, etc. The quantity and the quality of chamomile essential oils are main prerequisites of the medicinal action of Chamomile (*Matricaria recutita* L.).

Material and Methods

Two variations according to a width of the row in four retakes formed the agrotechnical part of the experiment.

The preparation of land was classical. Dates of sowing: Spring sowing until April 10, and the 2nd autumn sowing (until the middle of October)

Sowing on the area of 10 m² 2 kg/ha. During the growing season the status of vegetation was monitored - the growth and the development of plants (phenological stages), pest infested vegetation and its overgrowth with weeds was also monitored.

Protective measures for ecological part: the protective measures were taken on the basis of the research of overgrowth with weeds and pest infested vegetation with biological and mechanical agents - the application of unwoven textile which supports germinating, hoeing when plants are 5cm high and weeding when plants are 15cm high are licenced for organic agriculture. As supplementary green manure was applied herb extract from stinging nettle (*Urtica dioica* L.) and comfrey (*Symphytum officinale* L.).

Protective measures for traditional part of the experiment: herbicide Kerb 1,5l/ha, mechanical agents - application of unwoven textile which supports germinating, hoeing when plants are 5cm high and weeding when plants are 15cm high. After the 1st harvesting fertilizing with Nitrogen 20kg/ha.

* Czech University of Agriculture, Faculty of Agrobiology, and Natural nad Food Resources, 165 21, Praha 6, Suchbát, Czech Republic

Harvesting in the time of technical maturity, according to the status of the varieties. Oasthouses were used for drying plants, the height of the plant layer was 20cm, drying temperature was 35°C.

Isolating chamomile essential oils is conducted from 20-30g of flower drug (dried chamomile flower heads) by hydrodistilling method - distillation by steam as explained in The Czech Pharmacopoeia published in 2004. The content of essential oils is given in percentage (v/m, that is the content of essential oils in ml per 100g of drug.).

Individual components of essential oils are determined by the methodology of the gas chromatography.

Determination of main components in essential oils is conducted by application of the standard substances (chamazulene, *l*-/*l*- α -bisabolol, *l*-/*l*- α -bisabololoxid A, *l*-/*l*- α -bisabololoxid B a trans- en- in dicycloether.). Results are given in percentage.

Determining flavonoid of apigenin in the chamomile drug is conducted by (the method of) liquid chromatography. Determination is conducted by standard substances apigenin-7- glukosid.). Final value of the content of apigenin is calculated in percentage.

Results and discussion

The content of essential oils in *Matricaria recutita* L. varies between 0,3 do 0,97 %.

The variety Bohemia of chemocultivar A contains as standard 0,47% of essential oils, over 36% bisabololoxid A and 20% of azulene in essential oils.

According to the quality norm as stated in Cesky lekopis/in The Czech Pharmacopoeia a flower drug should contain at least 4 ml of blue coloured essential oils. Exact results of the experiment will be given in oral presentation.

The importance of this plant in pharmaceutical industry is fast increasing. The imported low-cost production of this commodity from abroad, especially from Bulgaria, Brasil and Turkey, represents a strong competition for our domestic production of *Matricaria recutita* L (Šalamon, 1998).

The quantity and the quality of essential oils in the imported commodity doesn't respond the Czech standards, and these are markedly worse.

The imported commodity often contains a small quantity of the main action substance in essential oils. The colour of essential oils differs according to the prevailing component (predominantly some bisaboloxids) from the recognized standard of the blue colour which is caused by just by chamazulen (Hay, 1993).

Chamazulen forms 50% of medical action of *Matricaria recutita* L., next important component is bisabolol, which represents 20% of medical action (Šalamon, 1998).

On the contrary prevailing bisaboloxids in essential oils decrease medical action of *Matricaria recutita* L., and their increased content is sensed by green colour of chamomile essential oils.

Other component as viewed from the importance of medical action is flavonoid apigenin for anti-spasm action (Bruneton, 1999).

References

- Bruneton, J., 1999: Pharmatognosy, Phytochemistry medical plants, Interpret, Andhover, 45, 52, 102.
- Hay, R., K., M., Waterman, P.,G., 1993: Volatile oil crops, Longman Group UK, GB, 78-80.
- Šalamon, I. 1998: The plant population biology in production stands of Chamomile (*Matricaria recutita* L.), Acta Acad. agric. technic. Olstenensis , 561: 277-283.

Ertragspotential von Energiemais

Constanze Böhmel¹⁾, Britt Schumacher²⁾, Dirk Kauter³⁾ & Wilhelm Claupein¹⁾

Einleitung

Mit Inkrafttreten der Aktualisierung des EEG (Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien) zum 1. August 2004 besteht für Landwirte ein neuer Anreiz zur Energieproduktion. Energiewirte produzieren inzwischen mit dem Einsatz von Biomasse Biogas und daraus Strom und Wärme. Als Co-Substrat für Biogasanlagen hat sich Silomais als gut geeignete Biomasse herausgestellt.

Agronomisch stellt Silomais kein Problem dar; die Frage nach der Machbarkeit stellt sich erst, wenn bestimmte, noch in der Entwicklung befindliche Energiemaissorten angebaut werden sollen. Welche Anforderungen richten diese Sorten an den Anbau, reicht die Wasserversorgung für den von Züchtern angestrebten Biomasseertrag von 250 dt Trockenmasse (TM) ha⁻¹ aus und gibt es Unterschiede im Methanertrag dieser Sorten?

In zwei Versuchen zu Energiemaisfruchtfolgen wird dieser Frage und dem Problem der Nachhaltigkeit von Systemen nachgegangen, die neben Mais auch Zwischenfrüchte und Getreide beinhalten.

Material und Methoden

An den Standorten Hohenheim (ca. 400 m ü. NN) und Ihinger Hof (ca. 500 m ü. NN) werden jeweils 9 bzw. 4 Silomaissorten der Siloreifegruppen S 250 bis S 700 auf ihre Eignung als Energiemais in verschiedenen Energiemaisfruchtfolgen getestet. Neben dem Biomasseertragspotential wird die Ausbeute an Methan über den Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) der einzelnen Maissorten evaluiert. Weitere Kriterien im Anbausystem stellen verschiedene Saat- und Erntezeitpunkte dar. In Hohenheim wird nach einheitlicher Aussaat (21.4.04) der optimale Erntetermin (15.9.04; 30.9.04; 11.10.04; 25.10.04) für die Maissorten ermittelt.

Am Ihinger Hof wird eine Kombination von früher Maisaussaat (26.4.04) und später Ernte (2.11.04) (Strategie hoher Maisertrag) einer Variante mit später Aussaat (14.5.04), aber früher Maisernte (4.10.04) (Strategie hoher Zwischenfruchtertrag) gegenübergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Hohenheim lieferte der Mais als erstes Fruchtfolgeglied zum ersten Erntetermin Erträge zwischen 183 (S 270) und 225 dt TM ha⁻¹ (S 500). Das Ertragsniveau stieg über alle Sorten bis zu einem Maximum von 243 dt TM ha⁻¹ (S 500) zum dritten Termin. Zum vierten Erntezeitpunkt fiel das Ertragsniveau besonders bei frühreifen Sorten (S 250 bis S 330) und erreichte ein Minimum von 196 dt TM ha⁻¹ (S 330) (siehe Abbildung 1). Die Trockensubstanzgehalte stiegen von der ersten zur vierten Ernte und von spät reifenden (S 700) zu früh reifenden Sorten (S 250) kontinuierlich an. Die Spannweite lag zwischen 21,5 und 48,0 % TS.

¹⁾ Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart, boehmel@uni-hohenheim.de

²⁾ Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen (740), Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

³⁾ Irb, P.O. Box 150, 3602 Thun, Schweiz

Am Standort Ihinger Hof zeigte der Mais im Ertragsverhalten Abhängigkeiten zur Zwischenfrucht. Die Erträge bewegten sich zwischen 181 (S 700) und 197 (S 250) dt TM ha⁻¹ zum ersten Termin und zwischen 168 (S 400) und 201 (S 700) dt TM ha⁻¹ zur zweiten Ernte. Die Trockensubstanzgehalte stiegen in gleicher Weise wie am Standort Hohenheim von 18,9 bis 41,1 % TS.

Nach den Zwischenfrüchten Weidelgras und Grünroggen ergaben sich am Standort Ihinger Hof die geringsten Maiserträge; die Zwischenfrucht Winterrübsen ließ einen geringen Einfluss erkennen.

Mit den Maiserträgen allein konnte das gesetzte Ziel von 250 dt TM ha⁻¹ nicht erreicht werden. Wird der Zwischenfruchtertrag von Grünroggen (71 dt TM ha⁻¹) oder Winterrübsen (38 dt TM ha⁻¹) einbezogen, so wird die 250-dt-Marke überschritten.

Das Ertragsniveau lässt sich in Energiemaisfruchtfolgen vermutlich nur über den Gesamtertrag von Zwischen- und Hauptfrucht halten. Über die Variation der Saat- und Erntetermine soll das optimale Anbausystem evaluiert werden. Neben Fruchtfolgeproblemen wie Krankheiten wird die Wasserversorgung in den intensiven Fruchtfolgen den begrenzenden Parameter darstellen.

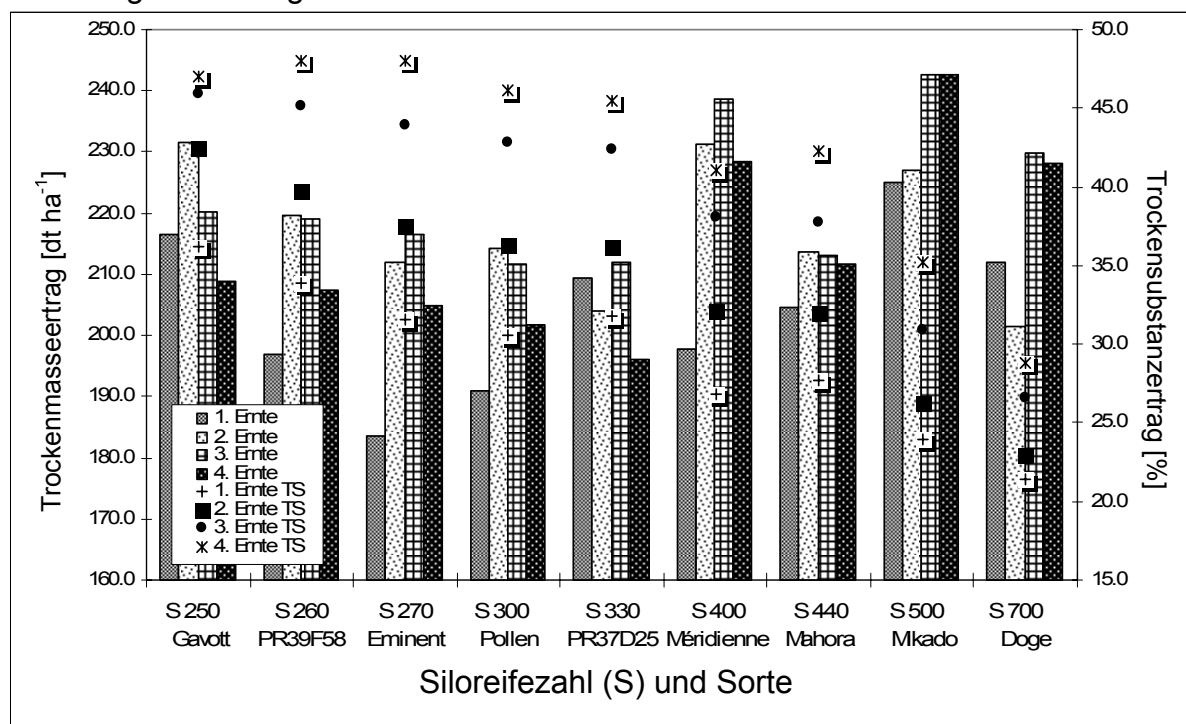


Abb. 1: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzerträge der 9 getesteten Maissorten über 4 Erntetermine am Standort Hohenheim.

Die Methanausbeute aller Sorten lag in einem Bereich von 0,30 m³ und 0,35 m³ Methan kg⁻¹ organischer Trockensubstanz. Bezogen auf den Flächenertrag zeigten spät reifende Sorten (S 400 und S 500) die höchsten Methanerträge mit über 8000 m³ Methan ha⁻¹. Die Methanausbeuten sind in einem mittleren bis hohen Bereich anzusiedeln.

Zusammenfassend zeigen die bisherigen Untersuchungen, dass in den einzelnen Fruchtfolgen verschiedene Ertragsniveaus, die zum einen auf die Zwischenfrüchte und zum anderen auf die Maissorten zurückzuführen sind, realisiert werden. Die Methanerträge ließen keine Sortenabhängigkeit erkennen, dementsprechend hier auf der Quantität der Biomasse der Hauptaspekt liegt.

Ertragspotenziale annueller und perennierender Energiepflanzen im Mitteldeutschen Trockengebiet

S. Freydank, Gisa-Wilhelmine Rathke & W. Diepenbrock*

Einleitung

Die Produktivität unterschiedlicher Vegetationstypen und Pflanzenarten wird durch die Erträge an verwertbarer Biomasse und den Biomassezuwachs bestimmt. Der Biomassezuwachs lässt sich als mittlere tägliche Wachstumsrate darstellen. Bezogen auf die Hauptvegetationszeit unterscheidet er sich kaum zwischen den verschiedenen Kulturarten, solange nicht ertragslimitierende Faktoren, wie Wassermangel wirksam werden. Nachfolgend wird der Einfluss der Stickstoffdüngung auf das Ertragspotenzial annueller und perennierender Energiepflanzen an einem Standort im Mitteldeutschen Trockengebiet dargestellt.

Material und Methoden

Basis dieser Untersuchungen bildet ein Feldversuch, welcher im Jahr 2000 in Bad Lauchstädt angelegt wurde. Der Standort ist durch einen mittleren Jahresniederschlag von 484 mm und eine mittlere Jahrestemperatur von 8,7°C (1896-1995) charakterisiert. Als perennierende Kulturarten werden Pappeln, Weiden, *Miscanthus* angebaut, als annuelle Kulturarten Winterraps, Wintergerste und Triticale. Die Stickstoffdüngung wurde in 0 vs. 100 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Düngermenge) zu den perennierenden Kulturarten sowie 0 vs. 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Sollwert) zu Winterraps bzw. 0 vs. 120 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Sollwert) zu Wintergerste und Triticale variiert. Die Ertragserfassung erfolgte bei *Miscanthus*, Winterraps und Getreide durch Ernten; bei den Bäumen wurde der Ertrag über den Brusthöhendurchmesser geschätzt.

Die Berechnung der mittleren Wachstumsrate erfolgte auf Basis der Hauptvegetationszeit. Der Vegetationsbeginn für die annualen Kulturarten wurde definiert durch die ersten 10 Tage, an denen 5°C als Tagesmittel im Vegetationsjahr überschritten wurde. Als Vegetationsende wurde der Erntetermin festgelegt. Bei den perennierenden Kulturarten wurde der Zeitpunkt des Wiederaustriebs als Vegetationsbeginn festgesetzt und der Blattfall bei den Bäumen bzw. der Zeitpunkt der kompletten Seneszenz bei *Miscanthus* als Vegetationsende.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisdarstellung basiert exemplarisch auf den Daten des Jahres 2004. Es zeigte sich, dass die untersuchten Kulturarten deutliche Unterschiede hinsichtlich des realisierbaren Ertragspotenzials (Abb. 1a) und der mittleren Wachstumsraten (Abb. 1b) aufwiesen. Den höchsten Ertrag erreichte *Miscanthus*, während die Bäume und Winterraps vergleichsweise niedrige Werte erzielten. Die Stickstoffdüngung führte zwar bei den annualen Kulturarten zu einer deutlichen Erhöhung der oberirdischen Biomasseakkumulation, nicht jedoch bei den perennierenden Arten. Deutliche Unterschiede gab es zwischen den perennierenden Kulturarten hinsichtlich der mittleren Wachstumsrate. *Miscanthus* nutzte aufgrund des C4-Mechanismus die Produktionsfaktoren Wasser und Stickstoff besser aus als die Bäume. Wasser ist limitierender Faktor bei der Biomassebildung und stellt somit einen Hauptmangelfaktor beim Anbau auf trockenen Standorten dar. Ähnliche Situationen wurden im Nordosten Kana-

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D – 06108 Halle (Saale); sven.freydank@landw.uni-halle.de

das von Samson und Chen (1995) beobachtet. Hier erzielten Pappeln und Weiden vergleichbare Biomasseerträge wie Luzerne oder Grasansaat. Für den Anbau schnellwachsender Baumarten können Produktionsreserven durch eine Zusatzbewässerung erwartet werden.

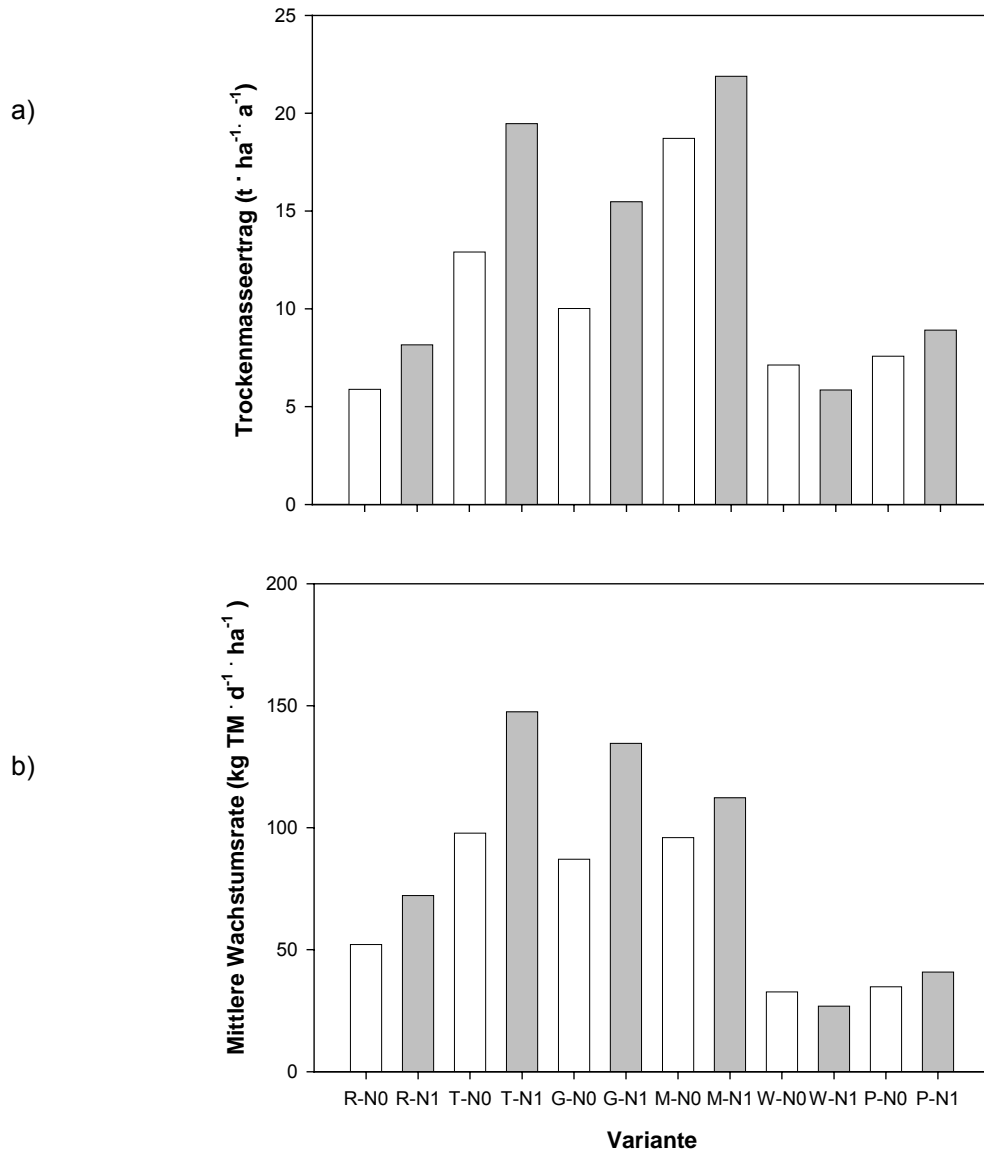


Abb. 1: Oberirdischer Trockenmasseertrag (a) und mittlere Wachstumsrate (b) von Raps (R), Triticale (T), Gerste (G), *Miscanthus* (M), Weiden (W) und Pappeln (P) bei unterschiedlicher N-Düngung (N0-ungedüngt, N1-gedüngt) im Vegetationsjahr 2004

Literatur

Samson, R., Chen, Y. (1995): Short rotation forestry and the water problem. Proceedings of the Canadian Energy Plantation Workshop, Gananoque, Ontario (May 2-4, 1995). R.E.A.P. Canada Research Reports.

Vergleich verschiedener Switchgrass Sorten im Hinblick auf Anbau- und Baustoffeignung

Cord-Henrich Treseler, Ralf Pude & Georg Noga*

Einleitung

Mit der Neuordnung der „Gemeinsamen europäischen Agrarpolitik“ (GAP) ist das Interesse der Landwirtschaft für alternative Produktionszweige stark gestiegen. Vor diesem Hintergrund nimmt gegenwärtig auch der Anbau nachwachsender Rohstoffe zu. In Deutschland werden hauptsächlich einjährige Ackerkulturen für die Biomasseproduktion eingesetzt, in anderen europäischen Ländern und Nordamerika setzt man aber auch vermehrt auf mehrjährige Großgräser. Switchgrass (*Panicum virgatum*) ist ein solches Großgras mit guter Anpassung an trockene Standortbedingungen. Als nachwachsender Rohstoff eignet es sich sowohl zur Energiegewinnung als auch zur stofflichen Verwertung. Der Anbau dieser Kultur wurde in Mitteleuropa bisher ausschließlich im Versuchswesen durchgeführt [Lewandowski et al., 2003]. Anhand der durchgeführten Untersuchungen sollen Rückschlüsse auf die sortenspezifische Anbauwürdigkeit und den Erntezeitpunkt im mitteleuropäischen Raum gewonnen werden. Zudem sollen geeignete Sorten für die Baustoff-Verwertung identifiziert werden.

Material und Methoden

Auf der Lehr- und Forschungsstation Klein-Altendorf der Universität Bonn wurde der Anbau von 16 Switchgrass Sorten über 2 Jahre verglichen. Während der Vegetationszeit wurden Triebzahlen, Wuchs- und Stängelhöhen im monatlichen Rhythmus bonitiert. Um die Anbauwürdigkeit der Sorten zu beurteilen wurde die Abreife besonders untersucht. Bonitiert wurden hierzu Blattfärbung, Trocknungsverlauf und Kohlenhydratgehalte. Die morphologischen Parameter wurden zeitnah zu den Ernteterminen im März 2004 und Februar 2005 durchgeführt. Neben dem Ertrag wurden Stängeldurchmesser, Trieb- und Blattgewichte erfasst. Die Baustoffeignung wurden anhand von technischen Parametern (Schüttdichte, Wasseraufnahme der Häcksel sowie Wasserabsorption und Druckfestigkeit der Baustoffprobe) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass Switchgrass auch in Mitteleuropa entsprechend der Latitude des Herkunftsortes der Sorte abreift [Casler et al., 2004]. Die sog. „Hochland“-Sorten aus den nördlichen Herkunftsgebieten (40° - 44° nördl. Breite) reifen früher ab und weisen zur Ernte höhere Trockenmassegehalte auf als die „Tiefland“-Sorten aus dem Süden Nordamerikas (34° - 35° nördl. Breite), welche aufgrund der späteren Abreife höhere Erträge erzielen (Tab. 1). Ein deutliches Zeichen für den Reifegrad ist die fortschreitende Blattverfärbung. Auch in diesem Merkmal zeigten sich die Sorten aus dem südlichen Herkunftsgebiet im Oktober der Untersuchungs-jahre als spät abreifend (in Tab. 1 grau unterlegt), was durch die Messung von relativ hohen Kohlenhydratgehalten zu diesem Zeitpunkt bestätigt werden konnte.

* Dipl.-Ing. agr. Cord-Henrich Treseler, PD Dr. Ralf Pude und Prof. Dr. Georg Noga
Institut für Gartenbauwissenschaft, Universität Bonn, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn

Tab. 1: Herkunft, Ertrag und morphologische Parameter der 16 Switchgrass Sorten

SORTE	Herkunft ° nördl. Breite	Blattfärbung		Ertrag		Stängel / Blatt rel. Ver- hältnis		Stängeldurchmesser			
		% tr. Blätter		t TM ha ⁻¹				mm			
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	α=5%	2004	α=5%
		n=6	n=6	n=1	n=1	n=1	n=12		n=12		n=12
Pangburn	34	5	30	1,4	11,8	1,2	5,4	3,6	ab	6,2	a
Kanlow	35	5	37	1,7	12,4	1,6	4,7	3,4	abc	6,7	a
NL 93-2		15	21	1,6	11,9	1,6	4,1	4,1	a	7,1	a
Cathage	35	8	20	1,3	7,3	1,1	4,0	2,9	bcde	5,2	b
NL 93-1		26	45	1,3	15,0	1,2	3,3	2,5	e	3,8	c
Caddo	35	15	31	1,2	6,1	2,0	3,9	2,6	de	3,9	c
SU 941		10	33	1,7	7,0	2,3	3,5	3,3	abcd	4,3	bc
Blackwell	37	8	38	1,9	9,0	1,6	3,8	3,5	ab	4,6	bc
NU 34-2		5	42	2,8	6,5	1,5	3,4	3,3	bcde	4,2	bc
CIR	38	13	40	1,6	8,0	2,2	2,7	3,2	bcde	4,5	bc
Trailblazer	40	26	38	1,2	8,5	0,9	3,8	2,6	de	4,4	bc
Shelter	40	35	73	1,1	6,8	2,6	3,4	3,6	ab	4,2	bc
Reap	41	68	78	1,5	6,1	1,2	4,5	3,3	abcd	4,5	bc
Summer	41	48	63	1,1	7,8	1,3	3,8	2,8	bcde	4,4	bc
Nebraska	42	37	57	0,8	5,6	2,1	4,3	2,7	cde	3,7	c
Sunburst	44	89	92	0,8	5,1	1,5	3,7	2,9	bcde	4,4	bc

Die unterschiedliche Abreife der ökologischen Gruppen ist am Verlauf der Trockenmassegehalte abzulesen. Die „Tiefland“- Sorten ‚Pangburn‘ und ‚Kanlow‘ erreichen erst im März die Erntereife, wohingegen viele „Hochland“- Sorten wie z.B. ‚Shelter‘, ‚Reap‘ und ‚Nebraska‘ schon zum Jahreswechsel ausreichende Trockenmassegehalte erzielen konnten. Durch den Anbau von Switchgrass unterschiedlicher Herkunft lässt sich somit das Erntefenster ausdehnen. Damit können Lagerhaltungskosten gesenkt und Arbeitsspitzen abgebaut werden.

Zur Bestimmung der Baustoffeignung können morphologische Parameter wie der Stängeldurchmesser und der Stängelanteil im Erntegut herangezogen werden [Pude et al., 2004]. In Tab. 1 ist zu sehen, dass sich die „Tiefland“- Sorten auch in diesen Merkmalen von den Sorten nördlicher Herkunft unterscheiden. Insbesondere im 2. Anbaujahr wurde deutlich, dass die Sortenwahl Einfluss auf die Baustoffeignung haben wird. Darüber hinaus muss aber auch der sortenspezifische Erntezeitpunkt beachtet werden um optimale Biomassequalitäten zu erzeugen, denn hohe Feuchtigkeitsgehalte wirken sich negativ auf die Baustofffestigkeit aus. Die Ergebnisse zu den technischen Parametern werden zur Zeit ermittelt und im Vortrag präsentiert.

Literatur

- Lewandowski, I.; J.M.O. Scurlock; E. Lindvall und M. Christou 2003: The Development and Current Status of Perennial Rhizomatous Grasses as Energy Crops in the US and Europe. *Biomass & Bioenergy* 25: 335-361.
- Casler, M.D.; K. P. Vogel; C. M. Taliaferro und R. L. Wynia 2004: Latitudinal Adaptation of Switchgrass Population. *Crop Science Society of America* 44: 293-303.
- Pude, R.; C.-H. Treseler und G. Noga 2004: Morphological, Chemical and Technical Parameters of *Miscanthus* Genotypes. *Journal of Applied Botany* 78: 58-63.

Eignung von *Phragmites australis* als Bau- und Werkstoff

Ralf Pude* & Piotr Banaszuk**

Einleitung

Aufgrund steigender Ölpreise und dadurch bedingt ebenfalls steigender Preise für synthetische Dämmstoffe, wie z.B. Styropor, gewinnen natürliche Dämmstoffe immer mehr an Bedeutung. Derzeit wird sowohl in Polen als auch in Deutschland die Herstellung von dämmenden und gleichzeitig druckbelastbaren Baustoffen, sogenannter Leichtbeton, aus gehäckseltem Pflanzenmaterial und Zement erprobt (Boltryk et al., 1994; Pude et al., 2004). Diese Entwicklung wird durch verschärfte Gesetze zur Energieeinsparung an Gebäuden noch forciert und ist durch den Handel mit CO₂-Zertifikaten auch für die Baustoffindustrie interessant geworden.

Pflanzenmaterial aus Nadelbäumen, Getreidestroh, Hanf oder Miscanthus eignet sich besonders gut zur Herstellung von Leichtbeton, wobei Miscanthus bisher die besten morphologischen, chemischen und technischen Eigenschaften aufwies und daraus resultierend auch den Leichtbeton mit der höchsten Druckfestigkeit lieferte (Pude, 2005). Bisher noch nicht untersucht wurde die Eignung von *Phragmites*, welches in Polen auf großen Flächen, z.B. im Narew Nationalpark, zur Verfügung steht. Diese Flächen müssen zum Teil regelmäßig geerntet werden, einmal um ein Verschilfen der Landschaft zu vermeiden und Freiflächen für Bodenbrüter zu erhalten, andererseits aber auch, um dadurch den regelmäßig auftretenden Bränden im Frühjahr in der Nähe von Dörfern und Häusern am Rand der Schilfgebiete vorzubeugen (Pude et al., 2005).

Ziele der Untersuchungen waren zunächst die grundsätzliche Eignung von *Phragmites* für die Leichtbetonherstellung zu prüfen, um dann in einem weiteren Schritt auch die Erntegutqualität von unterschiedlichen Entnahmestellen im Narew-Nationalpark zu untersuchen.

Material und Methoden

Dazu wurde Schilfstroh von unterschiedlichen Standorten im Narew-Nationalpark in Polen geerntet (Tab. 1).

Tab. 1: Bezeichnung und Herkunft der *Phragmites*-Varianten

Variante (Entfernung vom Narew-Fluss)	Boden	Profiltiefe (cm)	Wassertiefe (cm)
A (0 m)	basen- / humusreicher Gley	40	-34
B (20 m)	basenreiches Niedermoor	70	-20
C (60 m)	basenreiches Niedermoor	95	-14
D (80 m)	basenreiches Niedermoor	120	-10

An dem Erntegut wurden sowohl morphologische Merkmale wie Stängellänge, Stängeldurchmesser, Nodienzahl und Dicke des Sklerenchymringes als auch technische Parameter wie Schüttdichte, Wasseraufnahme des Erntegutes und Wasserabsorpti-

* PD Dr. Ralf Pude, Institut für Gartenbauwissenschaft, Universität Bonn, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn

** PD Dr. Piotr Banaszuk, Institute of Environmental Engineering and Protection, Białystok Technical University, Wiejska 45a, PL-15-351 Białystok, Poland

on der Leichtbetonproben bestimmt, um schon im Vorfeld Einflüsse auf die Druckfestigkeit (N) des Leichtbetons aufdecken zu können.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlich war mit *Phragmites* eine ähnlich gute Bindung wie mit *Miscanthus* möglich, aber es zeigten sich doch Unterschiede zwischen den Herkünften des Schilfes (Tab. 2). So lieferte *Phragmites*, welches am weitesten entfernt vom Fluss geerntet worden war, die geringste Schüttdichte (unter 100 kg m^{-3}), die höchste Wasseraufnahmerate des gehäckselten Materials (213 - 218%), die höchste Wasserabsorption des Stängels (11,3 - 15,2 mm Höhe) und dementsprechend auch den härtesten Leichtbeton mit $0,5 \text{ N mm}^{-2}$. Hingegen wies *Phragmites* unmittelbar am Narew-Fluss eine höhere Schüttdichte (über 100 kg m^{-3}) und deutlich schlechtere Wasseraufnahmeraten auf, was dann in Leichtbetonproben mit geringerer Festigkeit resultierte.

Tab. 2: Morphologische und technische Eigenschaften von *Phragmites*

	A	B	C	D
Stängellänge (cm)	182,0 a	144,3 b	171,8 a	126,0 c
Stängeldurchmesser (mm)	7,3 ab	6,8 bc	8,3 a	6,0 c
Anzahl Nodien pro Stängel	10,3 a	10,8 a	11,8 a	8,3 b
Dicke Sklerenchymring (mm)	0,6 a	0,7 a	0,9 a	0,8 a
Schüttdichte (kg m^{-3})	90,1 ab	88,1 b	98,8 ab	101,8 a
Wasserbindung (%)	217,6 a	212,7 a	197,0 b	197,0 b
Wasserabsorption (cm)	11,3 ab	15,2 a	10,0 b	9,3 b
Druckfestigkeit (N mm^{-2})	0,4 ab	0,5 a	0,4 ab	0,3 b

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, daß *Phragmites* als Hauptzuschlagstoff für Leichtbeton geeignet ist und somit in einem Gebiet Naturschutz und wirtschaftliche Aspekte miteinander zu vereinen sind. Da sich die Qualitäten der einzelnen Quartiere im Narew Nationalpark voneinander unterscheiden, sollten die "guten" Bestände für die stoffliche Nutzung im Baustoffsektor und die "schlechteren" Bestände für die energetische Nutzung, z.B. in dem neu errichteten Biomasseheizkraftwerk in Lapy, verwendet werden.

Literatur

- Boltryk, M., Dawdo, C., Syczewski, M. and J. Sobolewski, 1994: *Wiórobeton w budownictwie – Właściwości, projektowanie, produkcja, zastosowanie*. Politechnika Białystok, Rozprawy Naukowe 26, ISSN 0867-096X.
- Pude, R., Treseler, C.-H. and G. Noga, 2004: Morphological, chemical and technical Parameters of *Miscanthus* Genotypes. *Journal of Applied Botany* (2004), 58-63.
- Pude, R., 2005: Bedeutung morphologischer, chemischer und physikalischer Parameter sowie ihrer Interaktionen zur Beurteilung der Baustoffeignung unterschiedlicher *Miscanthus*-Herkünfte. Habilitationsschrift, Universität Bonn, Beiträge zu Agrarwissenschaft Bd. 30, Verl. M. Wehle, Bad Neuenahr.
- Pude, R., Banaszuk, P., Trettin, R. und G. Noga, 2005: Suitability of *Phragmites* for lightweight concrete. *Journal of Applied Botany* (in Druck).

Agronomische Evaluierung von Zuchtmaterial des Leindotters nach Selektion auf Samenmerkmale

Johann Vollmann*, Christine Kargl*, Thomas Moritz* & Sabine Baumgartner**

Einleitung

Leindotter (*Camelina sativa* [L.] Crtz.) ist eine züchterisch wenig bearbeitete Ölpflanze, die in letzter Zeit aufgrund ihrer „low-input“-Eigenschaften auf vermehrtes Interesse im Anbau stößt. Um Leindotter in Qualitätsmerkmalen gegenüber anderen Arten attraktiver zu machen, wurden im Rahmen eines Zuchtprogrammes Selektionsexperimente zur Verbesserung des Tausendkorngewichtes (TKG), des Ölgehaltes sowie des Fettsäuremusters unternommen. Die daraus gewonnenen Linien wurden im Hinblick auf ihr agronomisches Potential in mehrjährigen Feldversuchen im östlichen Niederösterreich evaluiert.

Material und Methoden

Auf den Standorten Groß Enzersdorf und Raasdorf östlich von Wien wurden in den Anbaujahren 1997, 1998, 1999, 2001 und 2002 Parzellenversuche (Gitteranlagen, zwei Wiederholungen) mit 30 bis 60 Leindotter-Linien durchgeführt, die auf hohes TKG, höheren Ölgehalt oder ein verändertes Fettsäuremuster vorselektiert worden waren. Merkmalsausprägungen in agronomischen und qualitativen Merkmalen wurden bestimmt, und mehrjährige Auswertungen wurden über den orthogonalen Kern der Genotypen vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

In den Leistungsprüfungen wurden Samenerträge in dem weiten Bereich von 1100 bis 2900 kg/ha, TKGs von 0.8 bis 1.8 g und Ölgehalte zwischen 320 und 470 g/kg gefunden, und die Einflüsse der Faktoren Genotyp und Umwelt waren für alle gemessenen Merkmale hoch signifikant.

Eine Selektion auf hohes TKG (1.4-1.8 g) erwies sich als nicht vorteilhaft: Sie war nicht nur – bedingt durch verringerte Samenanzahl pro Schötchen in großkörnigen Formen – mit einem etwas geringeren Ertragsniveau verbunden, sondern es zeigte sich auch eine ausgeprägte negative Korrelation zwischen TKG und Ölgehalt (Abb. 1), die drastisch verringerte Ölgehalte in großkörnigen Genotypen nach sich zog. Somit ist die aus pflanzenbaulichen und verarbeitungstechnischen Gründen erwünschte Verbesserung des TKGs von Leindotter mit dem vorliegenden Zuchtmaterial aufgrund negativer Korrelationen zu anderen Merkmalen nur bedingt realisierbar.

In einer weiteren, auf hohen Ölgehalt selektierten Gruppe konnten Genotypen mit Ölgehalten identifiziert werden, die signifikant höher als jene der Standardsorten waren. Eine Selektion auf höheren Ölgehalt ist zwar mit relativer Kleinkörnigkeit verbunden, hat jedoch aufgrund der positiven Korrelation zwischen Ölgehalt und Samenertrag keinen negativen Einfluß auf das agronomische Potential. Leindotter-Formen mit verbesserten Ölgehalten erscheinen von besonderem Interesse, da sie

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor Mendel Str. 33, A-1180 Wien, Österreich, johann.vollmann@boku.ac.at

** Universität für Bodenkultur Wien, Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, IFA Tulln, Analytikzentrum, Konrad Lorenz Str. 20, A-3430 Tulln

die Attraktivität dieser Kulturart im Vergleich zu anderen Sommeröfruchtarten zu erhöhen vermögen.

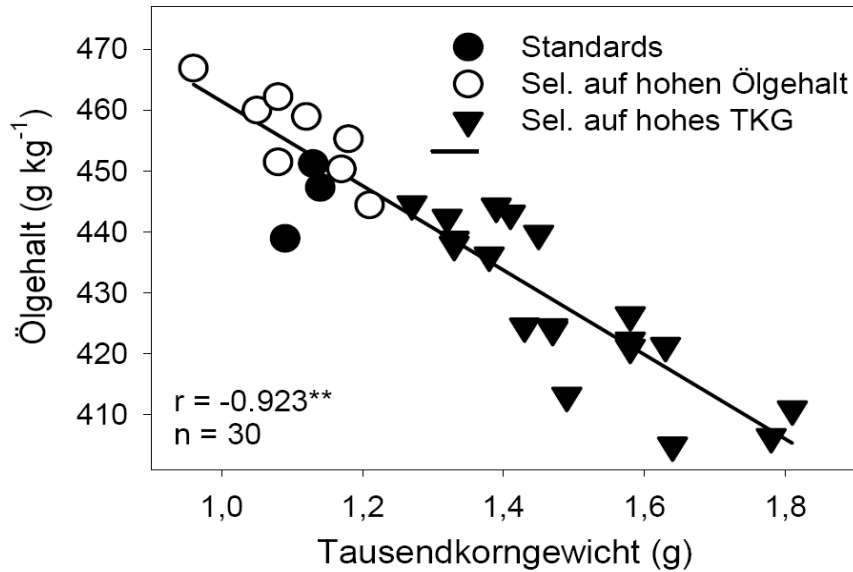


Abb. 1: Beziehung zwischen TKG und Ölgehalt in Leindotter-Zuchtmaterial (Genotyp-Mittelwerte über 3 Umwelten)

Leindotteröl zeichnet sich durch α -Linolensäure (C18:3) als Hauptfettsäure aus. Wie Abb. 2 zeigt, existiert eine deutliche genetische Variabilität in diesem Merkmal, die allerdings von Einflüssen des Anbaujahres weit übertroffen wird, welche teilweise durch die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse während der Phase der Kornfüllung erklärbar sind.

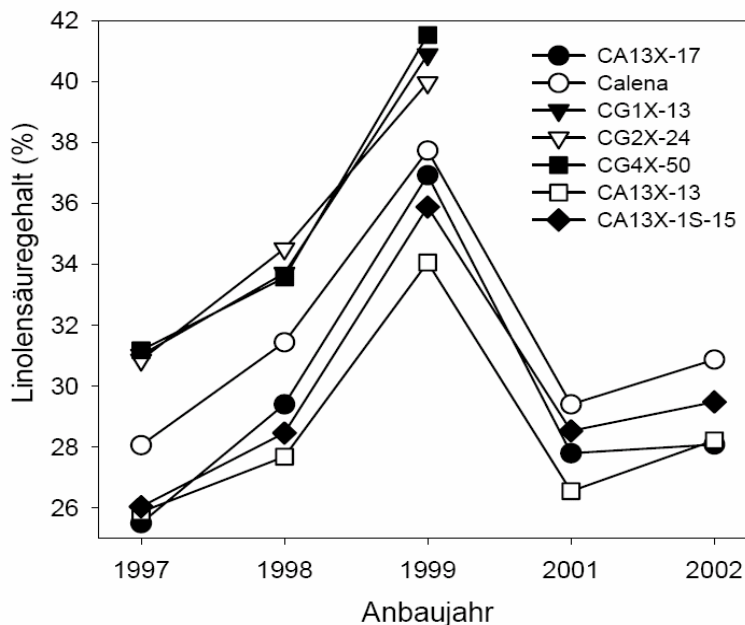


Abb. 2: Linolensäuregehalte unterschiedlicher Leindotter-Linien in verschiedenen Anbaujahren

Schlußfolgerung: Während eine Verbesserung des TKGs von Leindotter mit negativen Effekten auf Ölgehalt und Ertrag einher geht, ist eine Selektion auf Ölgehalt leichter möglich und läßt Ölerträge bis zu etwa 1200 kg/ha erzielen.

Wasserdampfsorption und -desorption in technischen Fasern von Hanf (*Cannabis sativa* L.)

E. Grimm, M. Ashfaq, V. Naumenko & W. Diepenbrock*

Einleitung

Isolierte Bastfaserbündel, im Folgenden vereinfachend als Fasern bezeichnet, reagieren sensibel auf Veränderungen der Umgebungsfeuchte. Bei der Nutzung von Flachs-, Hanf- und Ramiefasern in textilen Geweben oder Dämmstoffen ist ein schneller Austausch von Wasserdampf zur Feuchteregulation erwünscht. Werden Pflanzenfasern hingegen als Komponenten in Verbundwerkstoffen genutzt, ist diese Eigenschaft hinderlich: Die Verarbeitbarkeit von Bastfasern kann oft nur in Verbindung mit intensiven Trocknungsprozessen erreicht werden. In der vorliegenden Studie wird das Wasserdampfaufnahme- und -abgabeverhalten (Sorptions- und Desorption) von isolierten Hanffasern in Abhängigkeit von deren Morphologie (Feinheit) untersucht.

Material und Methoden

Die zur Untersuchung ausgewählten Fasern stammten aus einem Feldversuch mit Hanf (*Cannabis sativa* L. cv. Uso 31) am Standort Leipzig-Seehausen (N 51°24', O 12°25'). Die Bestandesführung entsprach einer dem Standort angepassten Praxis: Aussaat am 24. April, Saatstärke = 450 kK·m⁻², N-Versorgung = 120 kg·ha⁻¹. Der Bestand wurde ohne weitere Pflegemaßnahmen geführt und am 5. September mit Hilfe eines Stufen-Mähwerkes geerntet. Die Stängelabschnitte wurden in Wirrlage als Schwad auf dem Feld zur Tauröste abgelegt. Nach mehrfachem Wenden und Erreichen eines durchschnittlichen Röstgrades von 1,7, 3,7 und 6,8 wurde das Stroh zu Rundballen gepresst, die zur Faserisolierung an einer Technikumsanlage (Prallaufschluss, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam) kamen. Aus den so gewonnenen Faserpartien sind zur weiteren Prüfung insgesamt fünf Proben mit abgestufter Feinheit (Tab. 1) zusammengestellt worden. Hierzu wurden Fasern ohne Aufspießungen ausgewählt, Abspießungen präparativ entfernt und die erhaltenen Filamente auf eine Länge von 5 cm zugeschnitten. Die Feinheitmessung und die Aufzeichnung von Sorptions- und Desorptionsisothermen (T = 23,0 ± 0,2°C) erfolgten gravimetrisch (BP210D, Sartorius, Göttingen, D) mit Datenabruf im Abstand von 10 s in einer Klimakammer (AR-75L, Percival Scientific Inc., Perry, USA) im Bereich von 50% bis 90% relativer Feuchte (rF). Zur Auswertung wurden Datenpunkte im Gleichgewichtszustand aus einem Zeitraum von 3 h herangezogen (n > 1000).

Die Masse inkorporierten Wasserdampfs wurde durch Subtraktion der Leermasse des Prüfgestells auf der Waage und der Trockenmasse der Fasern (14 d Trocknung über Blaugel) bestimmt und auf 1 g Sorbens berechnet.

Parameterschätzungen wurden mit Hilfe von SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc. Chicago, USA) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen 50% und 90% rF zeigten die Sorptions- und Desorptionsisothermen einen exponentiellen Verlauf, wobei die erstere stets unter der zweiten lag (Hysterese, nicht dargestellt). Der Kurvenverlauf im Messbereich gehört zu einer sigmoiden

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Acker und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06099 Halle(Saale)

Gesamtkurve, die im Bereich geringer Feuchten hyperbolisch verläuft. Zur Interpretation der Teilprozesse wurde das so genannte Dent-Modell angewandt, mit dessen Hilfe ein- und mehrschichtige Sorptionen (Oberflächenfilme und Quellung) beschrieben werden können. Hierzu dienen folgende Parameter: $a = A_1/(A_0 \cdot rF)$, $b = A_i/(A_{i-1} \cdot rF)$, m_m ; wobei A_0 die zur Sorption zur Verfügung stehende Gesamtfläche, A_1 die einschichtig besetzte, A_i die mit i Schichten besetzte Oberfläche ($i \neq 1$) und m_m den Feuchtegehalt bei Ausbildung der einschichtigen Besetzung darstellen. Die Versuchsdaten ergaben für den Parameter a keine verlässlichen Schätzungen, so dass im Weiteren nur die Parameter b und m_m zur Darstellung kommen (Tab. 1).

Tab. 1: Parameter b und m_m des Dent-Modells zur Beschreibung von Wasserdampfsorption und -desorption in Hanffasern in Abhängigkeit von deren Feinheit

Probe	Feinheit (tex)	Sorptionsparameter		Desorptionsparameter	
		$b (10^{-4})$	$m_m (10^{-4})$	$b (10^{-4})$	$m_m (10^{-4})$
1	8,9	105	95	98	157
2	12,6	103	117	101	139
3	17,4	93	291	84	393
4	27,9	92	311	87	371

Mit zunehmender Feinheit sinkt b , während dessen m_m ansteigt. Die Quellung ist demzufolge in feinen Fasern stärker als in groben. In groben Fasern hingegen wird mehr Feuchtigkeit in monomolekularen Schichten gebunden. Auffällig ist, dass die Werte für b im Fall der Desorption unter denen der Sorption liegen. Der Parameter m_m zeigt ein genau umgekehrtes Verhalten. Die Abgabe von Feuchtigkeit ist im Vergleich zur Sorption mit einem Abbau von Mehrfachschichten und der Zunahme monomolekular besetzter Fläche verbunden. Auch für die Desorption gilt der grundsätzliche Zusammenhang, dass feine Fasern stärker quellen als grobe. Theoretisch sollte b bei sehr hoher rF auch kapillar gebundene Feuchtigkeit widerspiegeln. Im Dent-Modell steht zur Beschreibung dieses Teilprozesses kein gesonderter Parameter zur Verfügung. Darüber hinaus ist das hier genutzte Messsystem wenig geeignet, eine hinreichende Datengrundlage zur Darstellung dieser Komponente zu liefern.

Der Sortenvergleich bei der Hirse aus der Sicht der Erträge

Jana Kalinova & Jan Moudry*

Einleitung

Die gemahlene Hirse ist gut verdaulich, nahrhaft und sehr schmackhaft. Mit ihrem Wert gleicht sie dem Wert von Haferflocken. Das Trockengut der Grasfrucht enthält 70-73% der Sacharide, 10-11% Eiweiß und 3,7-4,6% Fett.

Dank der kurzen Vegetationszeit (90-110 Tage) kann die Hirse auch für die Auswinterung des Wintergetreides angebaut werden, bzw. in den günstigen als eine zweite Zusatzfrucht, z. B. nach der grüngernteten Wintermischung. Bei dieser Art ist jedoch die Gewinnbarkeit und die Qualität der gemahlene Hirse niedriger.

Die Erträge der Hirse als Hauptfrucht liegen bei 1,5-3 Tonnen.ha⁻¹ (Petr und Hradecká, 1997). Die Grundertragsselemente beim Getreide (einschl. der Hirse) sind die Zahl der Blütenstände pro Flächeneinheit, die Zahl der Samen pro Blütenstand und Tausendkorngewicht (PETR et al. 1980). Das Versuch hat sich als Ziel gesetzt, die Ertragsparameter bei den ausgewählten Sorten und deren Reaktion auf Düngen zu vergleichen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden in den Jahren 1998-2000 auf einem Grundstück in České Budějovice gegründet (Seehöhe 380 m, sandiger Lehmboden, Kambizem) und in Červený Dvůr (Seehöhe 420 m, lehmiger Sandboden Kambizem) mit 7 Sorten von Rispen-Hirse *Panicum miliaceum* L. (Belgorodskoe 1 – Rußland, Hanácká Mana – Tschechische Republik, Kharkovskoe 57 – Ukraine, Lipetskoe 19 – Rußland, Polyploid – Rußland, Toldanskoe – Rußland, Veselopodolianskoe 38 – Rußland, Vilskoe white – Rußland). Das Versuch wurde in 4 Wiederholungen nach der Getreidepflanze durchgeführt. Die Breite des Schwadens beim Aussaat von 350 Pflanzen pro m² betrug 12,5 cm. Die Bestände wurden in der ersten Maiwoche von der Sämaschine für den exakten Aussaat gesät und Ende August und Anfang September von der Erntedreschmaschine für kleine Parzellen geerntet. Der Phosphorinhalt im Boden lag bei 272-125 mg.kg⁻¹, Kaliuminhalt 107-476 mg.kg⁻¹, pH-Wert dann bei 5-6,8. Das Versuch wurde in zwei Varianten der Nahrung durchgeführt: die Variante 50 kg Stickstoff (in Form von LAV), die Kontrolle ohne Düngung. Bei 30 vor der Ernte abgenommenen Pflanzen aus jeder Wiederholung wurden die Zahl der Blütenstände auf der Pflanze und die Produktion einer Pflanze verfolgt. Nach der Ernte wurden der erreichte Kornertrag und Tausendkorngewicht festgestellt (TKG).

Ergebnisse und Diskussion

Die angewandten Hirsensorten unterschieden einander sowohl in allen verfolgten Parametern (die Zahl der Blütenstände und Samengewicht bei einer Pflanze, Tausendkorngewicht) als auch in dem erreichten Ertrag. Auf einer Pflanze wurden durchschnittlich 2,15 Rispen produziert. Von einzelnen Sorten wurde die höhere Zahl der Rispen auf einer Pflanze bei der Sorte Hanácká Mana bewiesen (3,3). Die Zahl der Blütenstände auf einer Pflanze bei den anderen Sorten reichten von 1,7 – 2,4. Die Hirsenspindel hat durchschnittlich 4,99 g Grasfrüchte produziert. Der größte Gewichtsanteil der Samen auf einer Pflanze entstand bei den Sorten Belgorodskoe und

* Landwirtschaftliche Fakultät, Sudböhmisches Universität in Ceske Budejovice

Veselopodolianskoe (6,2 Gramm), der niedrigste Gewichtsanteil dagegen wurde bei Sorte Vilskoe White (3,8 Gramm) verzeichnet.

Tausendkorngewicht bei der Hirse erreichte den Wert von 5-6,5 Gramm. Durch den statistisch erwiesenen höheren Tausendkorngewicht unterschieden die Sorten Lipetskoe (6,39 Gramm), Belgorodskoe (5,93 Gramm) und Polyploid (5,98 Gramm) von den anderen Sorten. Der niedrigste TKG wurde dann bei der Sorten Hanácká Mana (5,27 Gramm) und Veselopodolianskoe (5,51 Gramm) festgestellt.

Der durchschnittliche Hirsenertrag erreichte $2,83 \text{ T.ha}^{-1}$. Der hohe Ertrag wurde bei den Sorten Belgorodskoe, Veselopodolianskoe, Toldanskoe, Lipetskoe und Polyploid ($3,0 - 3,1 \text{ T.ha}^{-1}$) nachgewiesen, den niedrigsten Ertrag wies die Sorte Vilskoe White ($2,3 \text{ T.ha}^{-1}$) auf.

Die Anwendung 50 Kg N.ha^{-1} hatte keinen Einfluss auf die Zahl der gebildeten Blütenstände einer Pflanze. Der Einfluss von der angewendeten Stickstoffdüngung war bei der Produktion einer Pflanze nachzuweisen. Die Anwendung von Stickstoff zeigte sich im höheren Gesamtgewicht der Samen auf der Pflanze im Jahre 1998 (um 20% mehr im Vergleich mit der Kontrolle) und im Jahre 1999 (um 17%). Die Anwendung von Stickstoffdüngung hatte sich erweislich auch auf den TKG ausgeübt. Sie verursachte einen niedrigeren Gewicht der Grasfrüchte. Der Einfluss von Stickstoffdüngung war auch bei dem erreichten Kornertrag zu beobachten, wobei der durchschnittliche Ertragswert der gedüngten Varianten um 11% niedriger war. Diese Tatsache lässt sich auch durch den niedrigeren Anteil der vollreifen Grasfrüchte im gedüngten Bestand erklären.

Der bedeutende Modifizierungsfaktor, der die Zahl der Rispen auf der Pflanze, die Produktion einer Pflanze, den TKG und den wirklichen Kornertrag beeinflusst, ist der Standort. Auf dem Standort Červený Dvůr wurde auf einer Pflanze eine höhere Zahl der Rispen (durchschnittlich 6,7), ein höheres Korngewicht auf einer Pflanze (18,57 Gramm) sowie der höhere Wert von TKG (im Durchschnitt um 6,09 Gramm) gebildet als auf dem Standort in České Budějovice. Für die Hirse war also der Standort Červený Dvůr insgesamt ertragsstärker ($4,8 \text{ T. ha}^{-1}$) als der in České Budějovice. Der Grund dafür war höchstwahrscheinlich der höhere Vorrat an Nährstoffe im Boden und die temperatur- und feuchtigkeitsgünstigeren Bedingungen an diesem Standort.

Der Einfluss des Jahrgangs auf die Zahl der Blütenstände auf einer Pflanze wurde statistisch nicht erwiesen. Den größeren Einfluss auf diesen Parameter hat wohl die Dichte des Bestandes. Der Wetterverlauf während des Jahres stellt einen bedeutenden Modifizierungsfaktor für die Produktion einer Pflanze, den TKG und den Kornertrag dar. Der höchste gesamte Samengewicht auf einer Pflanze (1,85 Gramm) wurde im Jahre 1999 festgestellt. In diesem Jahr wurden von allen verfolgten Jahren auch die höchsten TKG-Werte (5,95 Gramm) erreicht. In Červený Dvůr wurde der höchste Ertrag ($5,62 \text{ T.ha}^{-1}$) im Jahre 1999 erreicht (in diesem Jahr war hier auch der TKG und die Produktion einer Pflanze hoch), in České Budějovice kam es dazu im Jahre 2000 ($3,55 \text{ T.ha}^{-1}$) – der Grund dafür war die höhere Enddichte des Bestandes in diesem Jahr, wahrscheinlich durch die besseren Feuchtigkeitsbedingungen (überdurchschnittliche Regenfälle im Juli 2000) verursacht, auf diesem Standort.

Der Beitrag wurde mit der Unterstützung von Forschungsvorhaben MSM 6007665806 bearbeitet.

Literatur

- Petr, J.; Hradecká, D. 1997: Základy pěstování prosa a pohanky, MZe ČR, Praha, 32
Petr, J.; V. Černý und L. Hruška 1980: Tvorba výnosu hlavních plodin, SZN, Praha, 447.

Thermochemische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturarten in einer Vergasungsanlage

Gisa-Wilhelmine Rathke, T. Röser & W. Diepenbrock*

Einleitung

Mit Blick auf eine zukunftsorientierte und nachhaltige Entwicklung des Energiesektors wird dem Einsatz regenerativer Energieträger wie Wind, Wasser, Sonne und Biomasse eine beachtliche Chance eingeräumt. Im Jahr 2004 betrug ihr Anteil am Primärenergieverbrauch rd. 3,6%; davon stammten etwa 64% aus Biomasse (BMU 2005). Bevor Biomasse in Form von Wärme, Stroh o.ä. genutzt werden kann, sind in Abhängigkeit von Ausgangsmaterialien und Verwendungszweck unterschiedliche Umwandlungstechnologien erforderlich. Dazu gehören einfache physikalisch-mechanische bzw. physikalisch-chemische, aber auch aufwendigere thermochemische und biologische Verfahren. Nachfolgend soll die Eignung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Kulturarten als Ausgangsmaterial für die thermochemische Vergasung in einer Versuchsanlage näher beleuchtet werden. Ziel dieses Verfahrens ist es, einen möglichst hohen Anteil der eingesetzten Biomasse zu Produktgas umzuformulieren. Neben dem Produktgas wird in kleinem Umfang Pyrolysat erzeugt. Die Verwertung des erzeugten und gereinigten Produktgases kann entweder in einem nachgeschalteten Blockheizkraftwerk (BHKW) und/oder über die technische Nachverbrennung erfolgen.

Material und Methoden

Grundlage für die Darstellung der thermochemischen Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bilden Untersuchungen, welche 2004 in der Versuchs- und Demonstrationsanlage „Bioenergienutzungsanlage ausgelegt für 200 kW Gesamtleistung“ (BENA 200) der Martin-Luther-Universität durchgeführt wurden. Dabei erfolgt die Nutzung von Bioenergieträgern nach dem Prinzip einer Wirbelschichtvergasung ohne Zusatz von Bettmaterialien über den Weg der thermischen Vergasung. Bei der Vergasung wird dem Festbrennstoff unterstöchiometrisch ein sauerstoffhaltiges Vergasungsmittel (hier Luft) zugeführt, wodurch ein Teil der Biomasse verbrennt und gleichzeitig die erforderliche Prozesswärme bereitstellt. Die freigesetzte Wärme dient zur thermischen Zersetzung der restlichen Biomasse. Für die Versuche wurden Körner von Winterweizen, Winterroggen, Hafer, Mais und Raps sowie Stroh von Winterweizen, Raps und *Miscanthus* verwendet. Zur Quantifizierung des Umsetzungsgrades in der BENA 200 wurden die oberen Heizwerte (Ho) des Ausgangsmaterials sowie des zugehörigen Pyrolyсата mittels Bombenkalorimeter bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Alle eingesetzten biogenen Ausgangsstoffe ließen sich mittels thermochemischer Vergasung konvertieren. Ein Großteil der eingesetzten Biomasse wurde zu Produktgas transformiert, zusätzlich entstanden geringe Mengen an Pyrolysat (Tab. 1). Die Umwandlungsgrade wurden maßgeblich über die Zufuhrgeschwindigkeit des Brennstoffes in den Vergaserraum sowie die Vergaserinnentemperatur (885-1028°C) beeinflusst. Trotz teils stark abweichender Heizwerte der eingesetzten Ausgangsstoffe (z.B. 17,3 MJ kg⁻¹ bei Weizenstroh vs. 27,3 MJ kg⁻¹ bei Rapskörnern) konnte Pro-

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D – 06108 Halle (Saale); gisa-wilhelmine.rathke@landw.uni-halle.de

duktgas mit relativ einheitlichen Heizwerten erzeugt werden ($4,5 \text{ MJ m}^{-3}$ bei Rapskörnern und $4,3 \text{ MJ m}^{-3}$ bei Weizenstroh; vgl. Tab. 1). Der Heizwert des Produktgases ergibt sich aus den brennbaren Bestandteilen Kohlenstoffmonoxid, Methan und Wasserstoff (Tab. 2).

Tab. 1: Umwandlungsgrad (Ug), Produktgas- (PG) und Pyrolysatanteile sowie Heizwerte (Ho) bei thermochemischer Vergasung biogener Energieträger

Ausgangsmaterial	Ug (%)	PG (%)*	Ho PG (MJ m^{-3})	Pyrolysat (%)*	Ho Pyrolysat ($\text{MJ kg}^{-1} \text{ TM}$)
Körner					
Mais	68	93,6	4,4	6,40	27,3
Hafer	68	88,3	4,4	11,7	27,0
Roggen	73	93,3	4,8	6,70	27,2
Weizen	53	86,2	2,3	13,8	27,3
Raps	75	87,8	4,5	12,2	22,8
Stroh					
Weizen	72	96,5	4,3	3,47	25,0
Raps	75	94,5	4,3	5,50	21,4
<i>Miscanthus</i>	71	90,2	3,8	9,76	26,1

* bezogen auf die Menge des eingesetzten Ausgangsmaterials

Tab. 2: Produktgastemperatur (T) und Konzentrationen (c) der Gasbestandteile Kohlenmonoxid (CO), Methan (CH₄) und Wasserstoff (H₂) im thermochemisch erzeugten Produktgas biogener Energieträger

Ausgangsmaterial	T (°C)	cCO ₂ (Vol%)	cCH ₄ (Vol%)	cH ₂ (Vol%)
Körner				
Mais	66,0	16,6	9,4	3,5
Hafer	68,4	13,2	7,0	5,5
Roggen	63,6	17,2	9,3	4,4
Weizen	68,3	11,2	5,4	3,5
Raps	60,1	11,7	10,3	5,4
Stroh				
Weizen	57,4	17,0	11,1	3,0
Raps	61,0	15,8	11,4	3,0
<i>Miscanthus</i>	59,5	13,3	8,7	3,3

Auf Grund ihrer Lagerdichte und Heizwerte sind Getreide-/Rapskörner besser für die thermochemische Vergasung geeignet als Stroh. Der thermochemischen Umsetzung von Getreide stehen allerdings brennstoffspezifische Merkmale entgegen, welche für die Entstehung von Emissionen und die Bildung von Schlacke verantwortlich sind. Im Gegensatz zu Körnern weist Strohhackselgut eine deutlich geringere Energiedichte bei gleichzeitig niedriger Lagerdichte auf.

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU, 2005: Informationen zur ersten vorläufigen Abschätzung zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien im Jahr 2004 in Deutschland. Pressemitteilung Nr. 039/05. BMU, Berlin.

Lenkung teilschlagspezifischer Unkrautkontrollverfahren unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Unkräutern

D. Dicke*

Einleitung

Herbizide gehören zum Hauptanteil der im Grund- und Oberflächenwasser gefundenen Pflanzenschutzmittelrückstände. Durch teilschlagspezifische Unkrautkontrolle lassen sich jedoch deutliche Reduzierungen der Herbizidmengen realisieren. Bei diesem Verfahren wird die heterogene Unkrautverteilung innerhalb von Ackererschlägen berücksichtigt. Herbizide werden nach Herbizidsensitivität der Unkräuter selektiv innerhalb eines Schlages nur dort ausgebracht, wo die Schadschwelle überschritten ist. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie viel Herbizidmenge durch teilschlagspezifische Unkrautkontrolle in unterschiedlichen Kulturen eingespart werden kann, wobei die zu realisierenden Bekämpfungserfolge ebenfalls ermittelt wurden. Zur Frage der Auswirkung der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle auf die Folgeverunkrautung wurden Untersuchungen zur Populationsdynamik an der selektierten Unkrautart *Chenopodium album* durchgeführt. Die Entwicklung der räumlichen und zeitlichen Dynamik von *Chenopodium album* unter dem Einfluss teilschlagspezifischer Unkrautkontrolle wurde mit Hilfe eines Simulationsprogramms prognostiziert und anhand von erhobenen Daten validiert.

Material und Methoden

Versuchsflächen

Zur Versuchsdurchführung standen auf der Lehr- und Forschungsstation Dikopshof der Universität Bonn im Zeitraum von 1998-2003 vier Betriebsschläge mit Größen zwischen 2,2 ha bis 5,8 ha zur Verfügung. Die Schläge wurden bis 2003 in der Felderfolge Körnermais (KM) – Zuckerrüben (ZR) – Winterweizen (WW) – Wintergerste (WG) bewirtschaftet und jedes Jahr gepflügt.

Unkrautkartierung und teilschlagspezifische Herbizidapplikation

Durch Auszählen einer 0,4 m² großen Fläche an den Kreuzungspunkten eines in den Flächen etablierten 15m * 7,5m Rasters wurde die Unkrautverteilung in den Versuchsfeldern jeweils unmittelbar vor der Herbizidapplikation bestimmt. Die ermittelten Unkrautarten wurden entsprechend ihrer Herbizidempfindlichkeit und Konkurrenzkraft in die Gruppen „Ungräser“, „Unkräuter“ und „Problemunkräuter“ eingeteilt. Für jede der drei Unkrautgruppen wurde basierend auf spezifischen Schadschwellen eine Applikationskarte erstellt. Die Flächeninformation zwischen den Rasterpunkten wurde mit linearer Interpolation geschätzt. Die teilschlagspezifische Unkrautkontrolle erfolgte mit einer neuartigen dGPS-gesteuerten Feldspritze der Universität Bonn. Diese ermöglicht während der Fahrt automatische Wechsel der herbiziden Wirkstoffe in Abhängigkeit der Unkrautgruppe sowie Variationen in der Dosierung nach Unkrautdichte auf Basis der Applikationskarten. Nach Eintritt der Herbizidwirkung wurde die Unkrautverteilung wiederum ermittelt. Die Bekämpfungserfolge wurden anhand der Boniturdaten berechnet und Herbizideinsparungen wurden aus den einzelnen Applikationskarten abgeleitet.

* Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn

Populationsdynamik und Prognose der Unkrautverteilung von *Chenopodium album*

Die Anzahl der Unkrautkeimlinge vor den Herbizidapplikationen sowie der Bekämpfungserfolg ist in allen Kulturarten und Versuchsjahren an den Kreuzungspunkten des Boniturrasters in sämtlichen Versuchsschlägen erfasst worden. Daten über die Anzahl der gebildeten Samen je Pflanze, Samenverluste durch fatale Keimung und Prädation wurden der Literatur (WESTERMAN *et al.*, 2003) sowie zusätzlich durchgeführten Feldversuchen entnommen. Aus den Daten wurden populationsdynamische Parameter abgeleitet, die in das Simulationsprogramm „WEED PROGNOSIS“ (DICKE *et al.*, 2005) eingebracht wurden, welches auf einem Differenzmodell nach ZWERTGER und HURLE (1990) zur Prognose der Folgeverunkrautung basiert. Zusätzlich kann das Programm den Einfluss unterschiedlicher Kulturarten, die Art der Bodenbearbeitung sowie die teilschlagspezifische Unkrautkontrolle für jeden Rasterpunkt berücksichtigen. Die räumliche und zeitliche Dynamik der selektierten Unkrautart *Chenopodium album* wurde beginnend mit der Ausgangsverunkrautung des jeweils vorausgehenden Versuchsjahres für Schlag 9 der Lehr- und Forschungsstation Dikopshof simuliert. Zur Validierung der Simulationsergebnisse diente der visuelle Vergleich zwischen der erhobenen sowie der simulierten Unkrautverteilung. Zusätzlich wurden Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen erhobener und prognostizierter Unkrautverteilung des jeweils gleichen Jahres berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Herbizideinsparungen durch teilschlagspezifische Unkrautkontrolle

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die realisierten Herbizideinsparungen bezogen auf konventionelle Gesamtflächenbehandlungen sowie die erzielten Bekämpfungserfolge auf den Versuchsschlägen der Jahre 2002 und 2003.

Tab. 1: Herbizideinsparungen und Bekämpfungserfolge der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle gegen Unkräuter und Ungräser auf der Versuchsstation Dikopshof in den Jahren 2002 und 2003

Schlag	Unkräuter		Ungräser	
	Herbizideinsparung	Bekämpfungserfolg	Herbizideinsparung	Bekämpfungserfolg
Schlag 6				
2002 (WW)	67%	87%	80%	81%
2003 (WG)	76%	18%	89%	60%
Schlag 4				
2002 (ZR)	37%	94%	51%	98%
2003 (WW)	100%	-	100%	-
Schlag 8				
2002 (ZR)	0%	95%	81%	96%
2003 (WW)	52%	86,1%	49%	89%
Schlag 9				
2002 (KM)	0%	93%	36%	94%
2003 (ZR)	14%	93%	64%	87%

In Winterweizen und Wintergerste konnten durch teilschlagspezifische Unkrautkontrolle sehr hohe Herbizideinsparungen realisiert werden. In Zuckerrüben und Körnermais waren die Einsparungen an Herbiziden geringer, da die Schadschwellen in Reihenkulturen infolge ihrer geringen Konkurrenzkraft niedriger liegen als in Getreide. Die Unkrautkontrolle gegen Ungräser und Unkräuter war in sechs von sieben der in Tabelle 1 gezeigten Anwendungen erfolgreich. Die niedrigen Bekämpfungserfolge von 18% bei den Unkräutern sowie von 60% bei den Ungräsern im Jahr 2003 in Wintergerste können durch eine erneute Auflaufwelle der Unkräuter nach Abschluss der Herbizidbehandlung erklärt werden, hervorgerufen durch feuchte Witterung nach einer längeren Trockenperiode.

Populationsdynamik

Abbildung 1 zeigt die räumliche und zeitliche Dynamik von *Chenopodium album* in einer fünfjährigen Felderfolge. Die jeweils aus den tatsächlichen Beobachtungen des Vorjahres prognostizierte Verteilung des Unkrautes ist der wirklich erhobenen Verteilung in jedem Beobachtungsjahr gegenübergestellt.

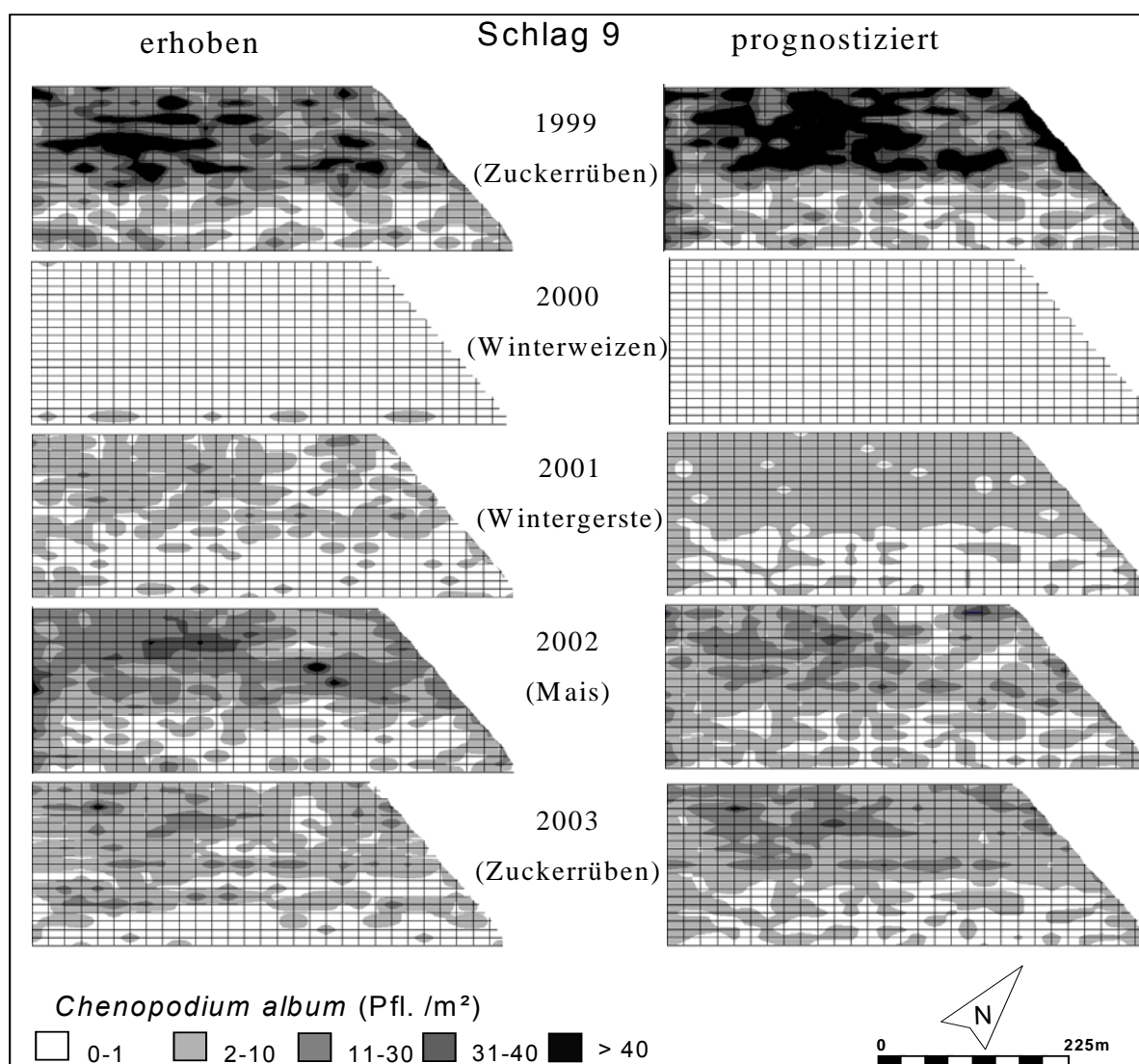


Abb. 1: Erhobene und prognostizierte räumliche und zeitliche Verteilung von *Chenopodium album* auf Schlag 9 der Lehr- und Versuchsstation Dikopshof in den Jahren 1999–2003

Erwartungsgemäß wurde in Jahren mit Hackfruchtkulturen eine höhere Verunkrautung mit *Chenopodium album* beobachtet als in Jahren mit Wintergetreide. *Chenopodium album* ist ein sommerannuelles Unkraut, welches in Zuckerrüben und Mais bessere Keimungsbedingungen vorfindet als in Wintergetreide. Die Verunkrautung ist während des fünfjährigen Beobachtungszeitraums unter dem Einfluss der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle nicht angestiegen. Die prognostizierten Verteilungskarten von *Chenopodium album* wiesen große Ähnlichkeiten zu den Verteilungskarten auf, die auf den erhobenen Daten basierten. In Tabelle 2 werden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der erhobenen und prognostizierten Verteilung von *Chenopodium album* gezeigt.

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten nach Pearson für den Vergleich zwischen der erhobenen und prognostizierten Verteilung von *Chenopodium album* auf Schlag 9 der Lehr- und Versuchsstation Dikopshof in den Jahren 1999-2003

Schlag 9	Korrelationskoeffizient
1999 (ZR)	0,47**
2000 (WW)	1,00 ¹
2001 (WG)	0,23**
2002 (KM)	0,39**
2003 (ZR)	0,61**

** signifikante Korrelation, ¹Nicht signifikant, aufgrund von Nullwerten

Die signifikanten Korrelationen zwischen erhobenen und prognostizierten Werten zeigen, dass für die Folgeverunkrautung verlässliche Prognosen aufgestellt werden können. Mit Hilfe des Simulationsprogramms „WEED PROGNOSES“ besteht nun die Möglichkeit, Sensitivitätsanalysen durchzuführen und zu testen, wie sich teilschlagspezifische Unkrautkontrolle bei Änderungen in der Bestandesführung auf die Folgeverunkrautung auswirkt. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die räumliche und zeitliche Entwicklung einer Unkrautpopulation von vielen Einflüssen abhängt, die durch Modelle nicht von vorneherein berücksichtigt werden können. Solche Faktoren sind z.B. die Witterung, welche das Keimungsverhalten beeinflusst oder Organismen, welche die Samenbank der Unkräuter räumlich und zeitlich variabel dezimieren können. Für die Entwicklung von Bewirtschaftungskonzepten und das Testen der Wirkung dieser Konzepte auf die räumliche und zeitliche Dynamik von Unkrautarten reicht das verwendete Simulationsprogramm jedoch völlig aus. Somit kann ein wichtiger Beitrag zur Optimierung von Managementstrategien geleistet werden, um die durch teilschlagspezifische Unkrautkontrolle zu erzielenden ökonomischen und ökologischen Vorteile langfristig zu sichern.

Literatur

DICKE, D.; R. GERHARDS und W. KÜHBAUCH 2005: Predicting dynamics of *Chenopodium album* in a four year crop rotation using site-specific weed control. Precision Agriculture '05, Ed. J. Stafford, Wageningen Academic Publishers: 779-786.

- WESTERMAN, P.R.; A. HOFMANN; L.E.M.VET; und W. VAN DER WERFT 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeaic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 417-425.
- ZWARGER, P. und K. HURLE 1990: Untersuchungen zur Abbildungsgüte simulierter Befallsverläufe bei Unkräutern. (Experiments for closeness of simulated weed infestation runs). *Journal of Plant diseases and Protection* 97: 133-141.

Bedeutung der Rotklee gras-Bewirtschaftung für den ökologischen Weizenanbau in Norddeutschland

S. Drey mann, R. Loges & F. Taube*

Einleitung

Auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben ist der Anbau von Rotklee gras als Vorfrucht für Weizen weit verbreitet. Die Stickstoff-(N)-Versorgung des Weizens aus dem Pool des organisch gebundenen N der Rotklee gras-Residuen ist jedoch von vielen Faktoren abhängig. Oftmals sind die erzielten Weizenerträge und Backqualitäten nicht zufriedenstellend, da die N-Ernährung des Weizens limitiert ist (Baeckström et al. 2004). Unter den maritimen Klimabedingungen und zugleich leichten Böden Norddeutschlands stellen die Nitrat-Austräge mit dem Sickerwasser einen bedeutenden N-Verlustpfad dar (Gömpel 1993), die die N-Transferleistung vom Klee gras zur Folgefrucht einschränken. In voran gegangenen Studien wurde ermittelt, dass der Termin des Klee gras-Umbruchs das N-Austragsrisiko beeinflusst (z.B. Faßbender 1998). Ferner geht von der Klee gras-Bewirtschaftung ein Effekt auf die N-Auswaschung aus: im Vergleich zur futterbaulichen Schnittgutabfuhr wird auf Ackerbaubetrieben der Aufwuchs gemulcht und verbleibt auf der Fläche. Durch das praxisübliche z.T. sehr häufige Mulchen ist das Pflanzenmaterial jung, setzt sich rasch um und erhöht das Mineralisierungspotential des Bodens und damit auch das N-Austragsrisiko.

Ein zunehmender Anteil ökologischer Betriebe wirtschaftet viehlos (Schmidt 2004) und es stellt sich die Frage, ob durch eine veränderte Mulchwirtschaft der N-Transfer zur Folgefrucht Weizen optimiert werden kann. Im Rahmen dieser Untersuchung sollte geprüft werden, inwieweit a) eine reduzierte Mulchintensität bzw. b) eine kombinierte Nutzung aus Schnittgutabfuhr *und* Mulchen eine Alternative zu der praxisüblich häufig gemulchten Gründüngung darstellen kann. Das Ziel ist es, zu klären, ob die vorzeitige N-Freisetzung reduziert wird, wenn ein Großteil des N im Pflanzenmaterial entweder a) auf dem Halm oder b) im Silo konserviert wird, anstelle als leicht umsetzbare Mulchmasse auf der Fläche zu verbleiben. Die kombinierte Nutzungsform ist von besonderem Interesse, da Ökobetriebe von der Stilllegungspflicht befreit sind und Schnittgut von Rotationsbrachen abfahren dürfen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Rahmen von mehrjährigen Feldversuchen auf dem Versuchsgut Lindhof der Universität Kiel (Bodenart IS-sL, 40-45 Bodenpunkte, mittlerer Jahresniederschlag 774 mm, Jahresmitteltemperatur 8,7°C) durchgeführt. Als Versuchsanlage diente eine zweifaktorielle Streifenanlage in dreifacher Wiederholung. Die Versuchsfaktoren sind in Tabelle 1 dargestellt. In den Jahren 2001 und 2002 wurde jeweils ein Rotklee gras-Bestand (*Trifolium pratense* L. cv. Pirat, 8 kg ha⁻¹ und *Lolium perenne* L. cv. Fennema, 10 kg ha⁻¹) im ersten Hauptnutzungsjahr zu den Terminen Ende Mai, Mitte Juli und Ende August (S, S+GD, GD_{int.}) bzw. Mitte Juli (GD_{ext.}) schnittgenutzt bzw. gemulcht. Der Einfluss der Bewirtschaftung auf die Jahresproduktivität der Klee gras-Bestände wurde somit für die Varianten S, S+GD, GD_{int.} anhand von vier und für GD_{ext.} anhand von zwei Aufwüchsen ermittelt. Die Schnitthöhe betrug 5 cm. Der nach der letzten Nutzung gewachsene Aufwuchs wurde beim

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Umbruch (Pflug) im Herbst (Oktober) bzw. im Frühjahr eingearbeitet. Im direkten Anschluss erfolgte jeweils die Aussaat von Weizen. Die Bestimmung der Weizenertragsleistung und -struktur wurde zur Ernte in den Jahren 2002 bzw. 2003 durchgeführt. Weiterhin wurden in beiden Untersuchungsperioden im Zeitraum November bis März zur Ermittlung des Nitrat-Austrages Sickerwasserproben mit Hilfe von keramischen Saugkerzen gewonnen. Die Nitrat-Fracht berechnete sich aus der Nitrat-Konzentration und der Sickerwassermenge, die auf der Basis der klimatischen Wasserbilanz bestimmt wurde (DVWK 1996). Die Varianzanalyse erfolgte mit SAS (Prozedur Mixed).

Tab. 1: Faktoren und Faktorstufen der Versuchsanlage

Faktor	Faktorstufe	
1. Rotklee-gras-Bewirtschaftung	1.1 Schnittgutabfuhr	3 Schnitte (S)
	1.2 Mischsystem	2 Schnitte + 1x Mulchen (S+GD)
	1.3 Gründüngung (intensiv)	3x Mulchen (GD _{int.})
	1.4 Gründüngung (extensiv)	1x Mulchen (GD _{ext.})
2. Umbruchtermin bzw. Folgefrucht	2.1 Herbst (HU)	Folgefrucht Winterweizen
	2.2 Frühjahr (FU)	Folgefrucht Sommerweizen
3. Untersuchungsperiode	3.1 2001 / 2002	Rotklee-gras / Erntejahr Weizen
	3.2 2002 / 2003	Rotklee-gras / Erntejahr Weizen

Ergebnisse und Diskussion

Die Rotklee-gras-Bestände wiesen eine hohe Sprossmasse-Produktivität auf, die nicht signifikant von der Bewirtschaftung beeinflusst wurde (Tab. 2). Dagegen war die in der Sprossmasse enthaltene N-Menge von der Nutzungsform abhängig. Die mehrmals gemähten Bestände (S, S+GD, GD_{int.}) erzeugten mit vier Aufwüchsen eine Spross-N-Menge von durchschnittlich 407 kg N ha⁻¹, während in den zwei Aufwüchsen der einmal gemulchten Variante GD_{ext.} rund ein Drittel weniger Spross-N ermittelt wurde (Tab. 2).

Tab. 2: a) Einfluss des Hauptfaktors Klee-gras-Bewirtschaftung auf die Sprossmasse, Spross-N-Menge und den Kleeanteil von Rotklee-gras im Mittel der Jahre 2001 und 2002 sowie b) Bedeutung der Interaktion Bewirtschaftung x Umbruchtermin für die N-Fracht im Sickerwasser im Mittel der Sickerwasserperioden 2001/02 und 2002/03

a) Hauptfaktor	Klee-gras-Sprossmasse [dt TM ha ⁻¹]	Klee-gras-Spross-N [kg N ha ⁻¹]	Kleeanteil [% d. TM] Anf. Oktober	b) Interaktion	N-Fracht [kg NO ₃ -N ha ⁻¹]		
					FU	HU	Sign. ³⁾
S	135,7	421,0 ^a	83,3 ^a	S	4,69 ^c	18,93 ^c	**
S+GD	131,6	402,0 ^a	53,5 ^b	S+GD	7,47 ^{bc}	33,41 ^b	***
GD _{int.}	127,5	396,5 ^a	52,3 ^b	GD _{int.}	15,55 ^b	33,33 ^b	***
GD _{ext.}	113,8	255,1 ^b	93,2 ^a	GD _{ext.}	37,13 ^a	44,26 ^a	ns
SE/ Sign. ¹⁾	7,2ns	17,8***	5,8***	Sign. ²⁾	***	***	

TM= Trockenmasse, Anf.= Anfang, FU= überwintertes Klee-gras mit Frühjahrs-umbruch, HU= Klee-gras-Herbst-umbruch mit Winterweizen, SE= Standardfehler, Sign.= Signifikanzniveau ¹⁾aus dem F-Test, ²⁾³⁾aus dem Test of Effect Slices mit ns: nicht signifikant (P ≥ 5%), *: signifikant (5% > P ≥ 1%), **: hoch signifikant (1% > P ≥ 0,1), ***: höchst signifikant (P < 0,1%); multipler Mittelwertvergleich (T-Test) mit Korrektur der Überschreitungswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit P < 5%. Sign.²⁾ für den Vergleich der Klee-gras-Bewirtschaftungen je Umbruchtermin (slice= Umbruchtermin) bzw. Sign.³⁾ für den Vergleich der Umbruchtermine bei konstanter Klee-gras-Bewirtschaftung (slice= Bewirtschaftung)

Durch die Schnittgutabfuhr von drei (S) bzw. zwei (S+GD) Aufwüchsen wurden 92% bzw. 71% des potentiell erntbaren Spross-N von der Fläche entfernt (Dreyman 2005). Die Kleeanteile des letzten Aufwuchses zeigen, dass sich der Rotklee-gras-Bestand durch die reduzierte Mulchintensität (GD_{ext.}) nahezu zu einem Rotklee-

Reinbestand entwickelte (Tab. 2). In der Folge wurde für GD_{ext.} im Herbst im Vergleich zu den anderen Nutzungsvarianten eine außerordentlich hohe N-Akkumulation durch Rotklee-Residuen und zugleich sehr hohe Boden-N_{min}-Gehalte ermittelt (Dreymann 2005). Das N-Auswaschungspotential der Bestände spiegelt sich in den N-Frachten wieder (Tab. 2). Die Variante GD_{ext.} verursachte unabhängig vom Umbruchtermin die höchste N-Auswaschung. Dieses Ergebnis ist einerseits auf die Anhäufung großer Mengen Rotkleematerials zurückzuführen, andererseits fehlte es am Gemengepartner Gras, um den freigesetzten N aufzunehmen. Die Abfuhr von zwei Aufwüchsen (S+GD) verminderte gegenüber der praxisüblichen Mulchwirtschaft (GD_{int.}) erheblich die auf der Fläche verbliebene N-Menge, bewirkte hinsichtlich der N-Auswaschung jedoch nur bei der Klee gras-Überwinterung eine Reduzierung.

Die Bewirtschaftung der Vorfrucht Rotklee gras übte einen signifikanten Effekt auf die Spross-N-Menge von Weizen aus (Tab. 3). Der Weizen, der nach ausschließlich gemulchtem Rotklee gras angebaut wurde, zeichnete sich durch eine um 21-29 kg ha⁻¹ höhere N-Akkumulation in der oberirdischen Biomasse aus als der Weizen in den Varianten mit Schnittgutabfuhr. Gegenüber der reinen Schnittgutabfuhr S wiesen diese Weizen-Bestände (GD_{int.}, GD_{ext.}) außerdem eine signifikant höhere Triebdichte auf (Tab. 3). Dass das angelegte Ertragspotential nicht in einen höheren Kornertrag umgesetzt wurde, kann mit einer limitierten N-Versorgung zum Zeitpunkt der Ertragsorganausbildung begründet werden: für diese Weizen-Varianten (GD_{int.}, GD_{ext.}) ist eine signifikant geringere Bekörnung der Ähre festzustellen. Der Unterschied in der Korn-N-Menge von Weizen nach ausschließlich gemulchtem Rotklee gras zu dem mit Schnittgutabfuhr ist mit 6-8 kg ha⁻¹ vergleichsweise gering. Beim Vergleich des Weizen-Spross-N mit dem Weizen-Korn-N wird deutlich, dass in den Varianten GD_{int.} und GD_{ext.} ein größerer Anteil des N in unproduktiver Biomasse gebunden ist.

Tab. 3: a) Einfluss der Hauptfaktoren Klee gras-Bewirtschaftung und Folgefrucht auf die N-Menge im Weizen-Spross und Weizen-Korn sowie auf den Korn-Ertrag, den Korn-Rohprotein-(Rp)-Gehalt und die Ertragsstruktur von Weizen im Mittel der Jahre 2002 und 2003

Faktor	Faktor-stufe	Weizen-Spross-N [kg ha ⁻¹]	Weizen-Korn-N [kg ha ⁻¹]	Korn-Ertrag ¹⁾ [dt ha ⁻¹]	Korn-Rp-Gehalt [%]	Ähren / m ²	Körner / Ähre	TKM [g]
Klee gras-Bewirtschaftung	S	96,9 ^b	72,87 ^{ab}	40,5	11,78 ^b	304,0 ^b	26,92 ^a	45,97
	S+GD	95,0 ^b	71,42 ^b	39,4	11,92 ^b	331,0 ^{ab}	23,60 ^{ab}	45,49
	GD _{int.}	117,9 ^a	79,24 ^{ab}	41,9	12,47 ^a	369,3 ^a	21,80 ^b	45,90
	GD _{ext.}	124,1 ^a	79,93 ^a	41,5	12,69 ^a	359,7 ^a	22,56 ^b	45,81
	SE/ Sign.	6,40 ^{**}	3,35 [*]	1,6ns	0,15 ^{***}	11,5 ^{**}	1,10 [*]	0,55ns
Folgefrucht	WW	102,8	71,75	42,9	10,89	354,67	23,88	45,19
	SW	114,1	79,98	38,8	13,54	327,33	23,56	46,40
	SE/ Sign.	4,53ns	3,08 [*]	1,3 [*]	0,16 ^{***}	8,12 [*]	0,79ns	0,57ns

¹⁾Kornertrag bei 86% TM, TKM= Tausendkornmasse, WW= Winterweizen, SW= Sommerweizen, SE= Standardfehler, Sign.= Signifikanzniveaus aus dem F-Test (s. Tab. 2); multipler Mittelwertvergleich vgl. Tab. 2

Der Korn-Rp-Gehalt ist für den Weizen nach ausschließlichem Mulchen signifikant höher (Tab. 3). Allerdings ist für diesen Parameter die Interaktion mit dem Umbruchtermin signifikant (Abb. 1). Demzufolge wird der Rp-Gehalt von Sommerweizen deutlich durch die Rotklee gras-Bewirtschaftung beeinflusst, während der Rp-Gehalt von Winterweizen kaum von der Vorfruchtnutzung abhängig ist.

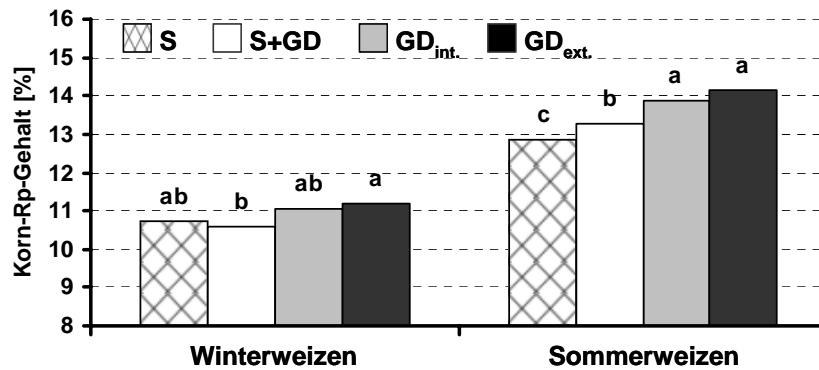


Abb. 1: Bedeutung der Interaktion Rotklee-gras-Bewirtschaftung x Umbruchtermin bzw. Folgefrucht für den Korn-Rp-Gehalt (P= 0,0366, SE= 0,20)

Fazit: Im Vergleich zum praxisüblich häufigen Mulchen (GD_{int.}) führt die extensive Gründung (GD_{ext.}) nicht zu einer besseren N-Versorgung des Weizens, sondern geht einher mit einer höheren Nitrat-Fracht im Sickerwasser. Demgegenüber kann durch eine Teilschnittgutabfuhr (S+GD) das N-Auswaschungsrisiko vermindert und Wirtschaftsdünger für eine stadiengezielte Weizen-N-Versorgung bereitgestellt werden. Damit wird eine übermäßige N-Bindung in unproduktiver Weizen-Biomasse, wie sie für den Weizen nach ausschließlich gemulchtem Rotklee-gras festzustellen ist, unterbunden. Unter den geprüften Standortbedingungen wirkt sowohl das häufige als auch das reduzierte Mulchen positiv auf den Rp-Gehalt von Sommerweizen, während der Rp-Gehalt von Winterweizen kaum reagiert. Beim Winterweizenanbau ist aufgrund des höheren N-Austrages durch den Herbstumbruch in der Vorfruchtnutzung eine Schnittgutabfuhr und der Einsatz von Wirtschaftsdünger zu empfehlen.

Literatur

- Baekström, G., Hanell, U. & Svensson, G., 2004: Baking Quality of Winter Wheat Grown in Different Cultivating Systems, 1992-2001: A Holistic Approach. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 [1], 53-79.
- Dreymann, S., 2005: N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, im Druck.
- DVWK, 1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, Hrsg. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- Faßbender, K., 1998: Strategien zur Reduzierung von Nitratverlagerungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im ersten und zweiten Jahr nach Klee-grasumbruch. Dissertation, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Gömpel, H., 1993: Einfluß der Nutzungsform auf die Nährstoffdynamik typischer Böden Schleswig-Holsteins, Dissertation, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 22
- Schmidt, H., 2004: Viehloser Öko-Ackerbau Beiträge Beispiele Kommentare, ed. by H. Schmidt, 1-207. Offset-Druckerei Gerhard Weinert GmbH, Berlin.

Winterweidesysteme: Narbenzusammensetzung und floristische Diversität

Katja Elsebach*

Einleitung

Für die Stabilität und Produktivität von Grünland-Ökosystemen spielt eine hohe Biodiversität offenbar eine maßgebliche Rolle (Tracy & Sanderson 2004). Dabei ist es offensichtlich so, dass sich die Arten untereinander ergänzen, wodurch die Gemeinschaft als Ganzes die standörtlichen Ressourcen effizienter nutzen kann, wobei beobachtet wurde, dass Gesellschaften mit höherer Diversität auch oft eine verbesserte Nährstoffausnutzung zeigen (Tilman et al. 1996). Obwohl über die Diversität von Weiden einiges bekannt ist, fehlen weitestgehend Angaben zum Einfluss der Winterbeweidung auf die Diversität mitteleuropäischer Weidesysteme. Floristische Erhebungen eines Winterweideversuchs sollen erste Antworten zu dieser Thematik liefern.

Material und Methoden

Bei dem Winterweideversuch – angelegt im Frühjahr 2001 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen – wurden drei Beweidungstermine (= Standard Ende September, Ende November, Ende Dezember), zwei Besatzdichten (= mittlere mit 770 kg metabolischer Körpermasse, hohe mit 1.510 kg metabolischer Körpermasse, genutzt mit Schafen) und zwei Narben (= anstehende *Lolium-Cynosuretum*-Narbe, *Festuca arundinacea*-Ansaat) berücksichtigt. Zusätzlich wurde eine Hälfte der Versuchspartellen jährlich mit 20 kg *Lolium perenne* ha⁻¹ im März nachgesät. Grundlage der hier dargestellten Daten sind Ertragsanteilschätzungen nach KLAPP & STÄHLIN vom August 2004 sowie Diasporenvorratsuntersuchungen, die im November 2003 von den Varianten des Beweidungstermins Ende September gezogen wurden. Der Shannon-Index wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Shannon-Index: } H = - \sum P_i \ln P_i \quad (P_i = \text{Ertragsanteil der Art } i \cdot 100^{-1})$$

Ergebnisse und Diskussion

In Abb.1 und 2 sind die Ertragsanteile der häufigsten Gräser und Kräuter für das *Lolium-Cynosuretum* bzw. für die *Festuca arundinacea*-Ansaat dargestellt.

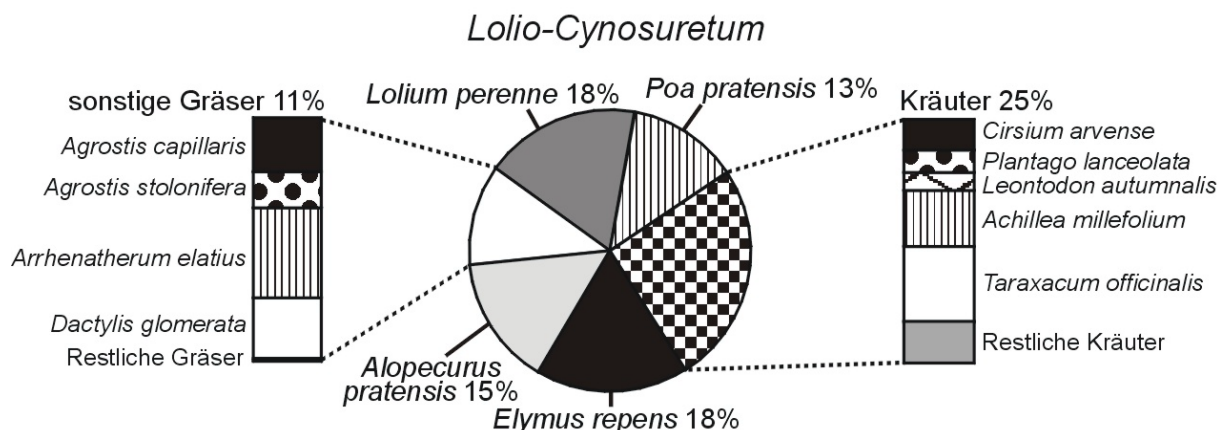


Abb. 1: Ertragsanteile der häufigsten Arten des *Lolium-Cynosuretums*

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Das *Lolio-Cynosuretum* wird dominiert von ausdauernden Gräsern (>70%). Annuelle Grasarten wie *Poa annua* erreichen kaum Ertragsanteile >1%. Die Kräuter, mit einem geschätzten Anteil am Ertrag von 25%, setzen sich vor allem aus typischen Arten des *Arrhenatherion* zusammen. Trittrassenarten des *Polygonion* erreichen keine höheren Ertragsanteile.

Bei der Ansaatvariante dominiert selbst im vierten Jahr nach der Etablierung *Festuca arundinacea*. Wie beim *Lolio-Cynosuretum* setzt sich auch bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat der Anteil der sonstigen Gräser und der Kräuter vor allem aus ubiquitär verbreiteten Grünlandarten zusammen.

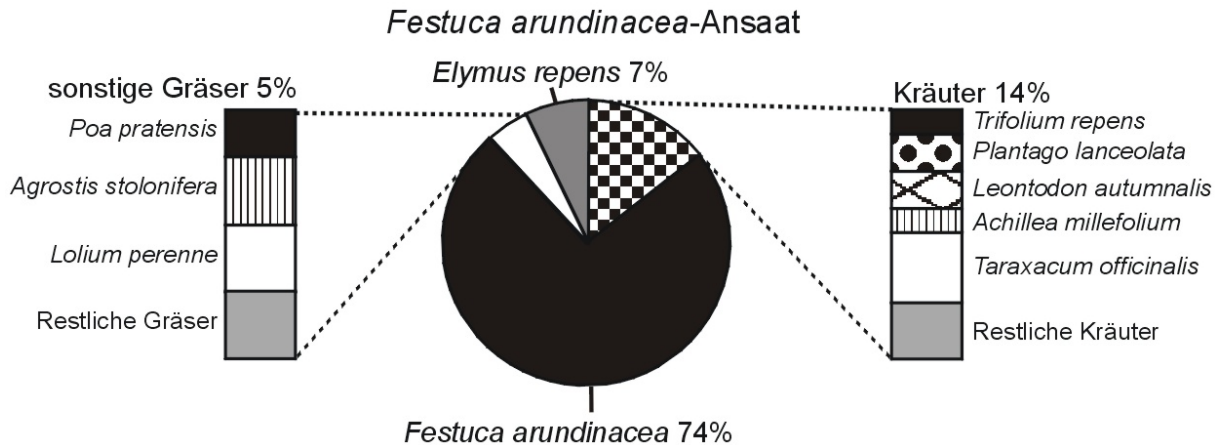


Abb. 2: Ertragsanteile der häufigsten Arten der *Festuca arundinacea*-Ansaat

Abb. 3 zeigt die Shannon-Indizes für das *Lolio-Cynosuretum* und die *Festuca arundinacea*-Ansaat. Lediglich die Variante Beweidung Ende November, hohe Besatzdichte, ohne Nachsaat erreicht einen Shannon-Index von zwei, während alle anderen Varianten darunter liegen. Das *Lolio-Cynosuretum* erreicht erwartungsgemäß höhere Shannon-Indizes als die *Festuca arundinacea*-Ansaat. Der Effekt der Nachsaat mit *Lolium perenne* auf den Shannon-Index ist signifikant. Beim *Lolio-Cynosuretum* führt die Nachsaat zu einer Verringerung der Diversität, während sich die Diversität bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat durch die Nachsaat erhöht. Diese Wechselwirkung Narbe x Nachsaat wird hervorgerufen durch die Berücksichtigung der Ertragsanteile in der Formel des Shannon-Index.

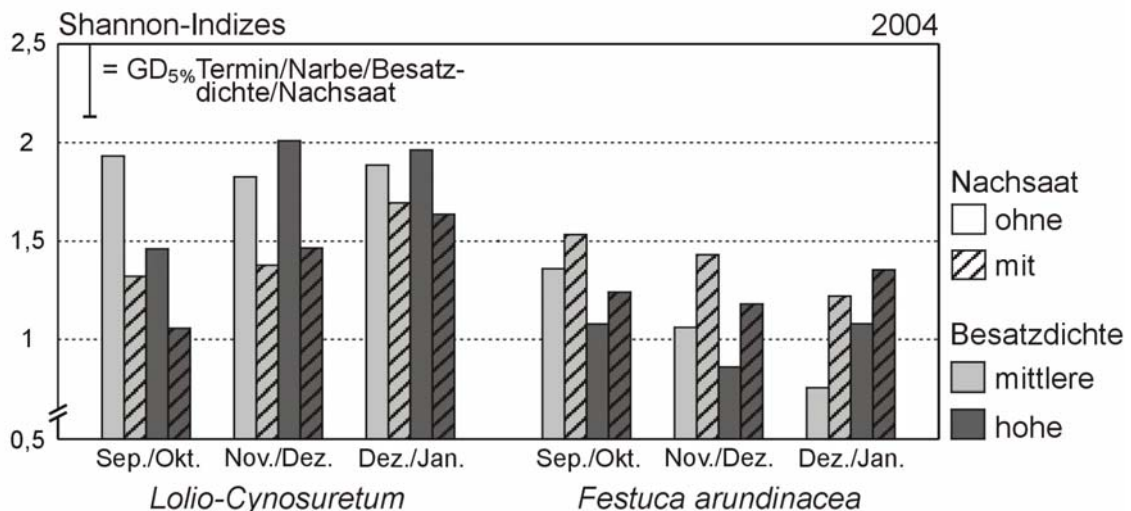


Abb. 3: Shannon-Indizes in Abhängigkeit von Narbe, Termin, Besatzdichte und Nachsaat

Auch die Wechselwirkung Termin x Narbe ist signifikant. Die Varianten des Beweidungstermins Ende November und Ende Dezember weisen beim *Lolio-Cynosuretum* höhere Shannon-Indizes auf als die Kontrolle Beweidung Ende September. Die Winterbeweidung führt im *Lolio-Cynosuretum* zu einer Zunahme der Diversität, während bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat kein Effekt des Winterweidetermins auf die Höhe der Shannon-Indizes existiert.

In Abb. 4 und Abb. 5 ist die Anzahl keimfähiger Diasporen getrennt für die beiden Narben dargestellt. Die Angabe in keimfähige Diasporen m^{-2} bezieht sich auf eine Schichttiefe von 4 cm. Die Zusammensetzung einer Diasporenbank hängt entscheidend vom Sameninput der aktuellen und der früheren Vegetation am Standort sowie vom Input von benachbarten Flächen ab. Die Kenntnis über den Samenvorrat im Boden ist auf Weiden wichtig, da durch Tritt entstehende offene Bodenstellen von Diasporen zu Keimung und Etablierung genutzt werden können. In der *Festuca arundinacea*-Ansaat konnten in der Summe deutlich mehr keimfähige Diasporen gefunden werden als im *Lolio-Cynosuretum* (= 4.986 bzw. 3.220 keimfähige Diasporen m^{-2}). In beiden Narben erreicht *Capsella bursa-pastoris* mit Abstand die höchste Anzahl. Annuelle Arten und Ackerunkräuter sind an der Zusammensetzung der Diasporenbank am stärksten beteiligt.

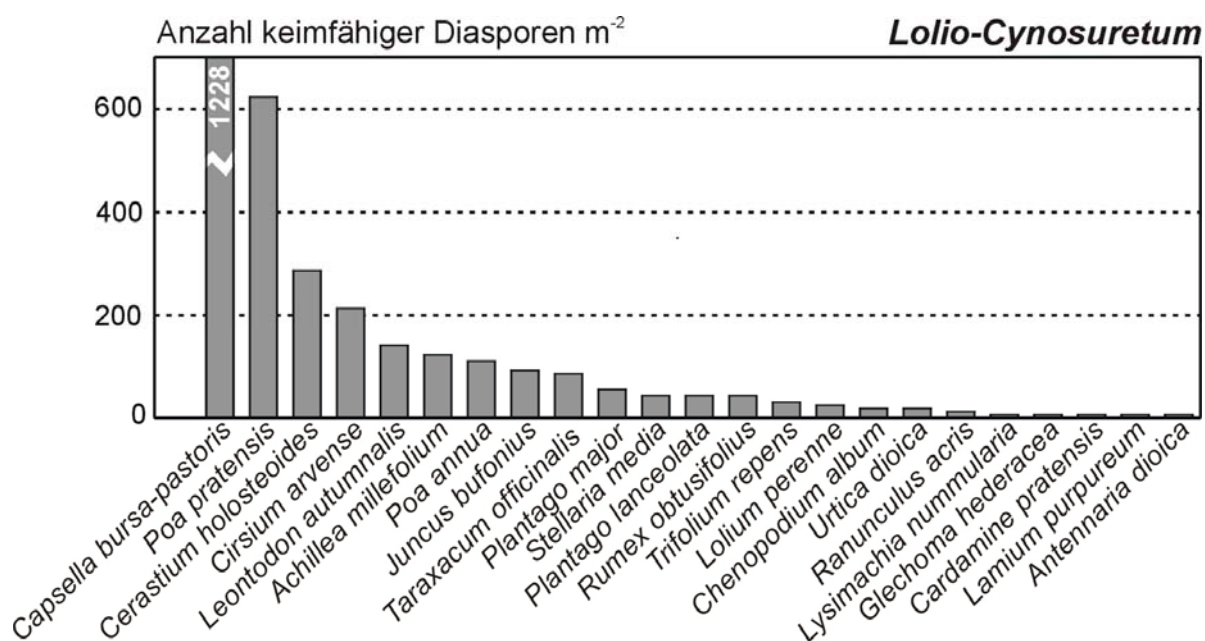


Abb. 4: Anzahl keimfähiger Diasporen m^{-2} beim *Lolio-Cynosuretum*

Bei einem Vergleich der oberirdischen Vegetation mit der Samenbank kann festgestellt werden, dass sechs gefundene Arten der Diasporenbank nicht in den Ertragsanteilschätzungen vorkommen, jedoch auf Nachbarflächen existieren. Unterschiede zwischen der aktuellen Vegetation und der Diasporenbank können auch in den Mengenanteilen der einzelnen Arten festgestellt werden. Während in der oberirdischen Vegetation die mehrjährigen Gräser dominieren, sind es in der Diasporenbank die annuellen Kräuter, die überwiegen, was vermutlich auf unterschiedliche, artabhängige Ausbreitungsstrategien zurückzuführen ist.

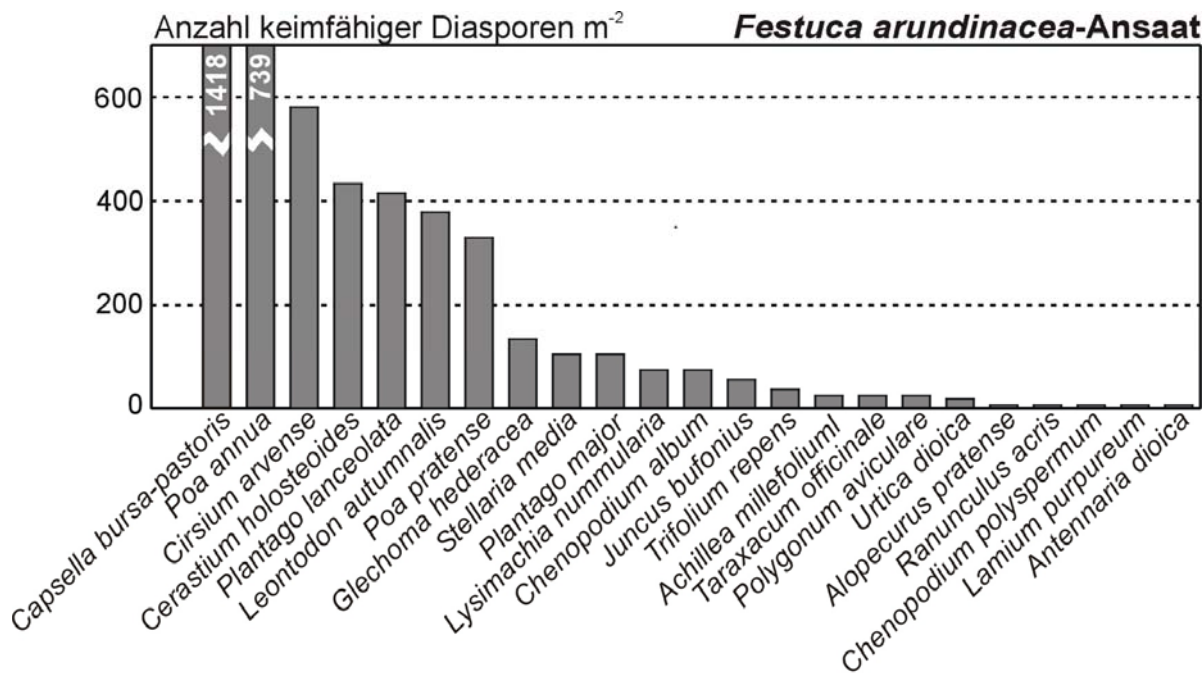


Abb. 5: Anzahl keimfähiger Diasporen m⁻² bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass drei Jahre nach Beginn der Winterbeweidung keine nachteiligen bzw. negativen Effekte in der Narbenzusammensetzung feststellbar sind. Dies ist vor allem auf das Management im Versuchsdesign zurückzuführen, das durch rechtzeitigen Umtrieb die Gefahr von größeren Trittschäden minimiert. Die floristische Diversität – präsentiert anhand der Shannon-Indizes – ist zwar recht niedrig, andererseits werden für *Lolio-Cynosureten* bzw. Ansaaten selten höhere Shannon-Indizes in der Literatur angegeben. Die Diasporenbank setzt sich vor allem aus annuellen Arten und Ackerunkräutern zusammen. Auch Tracy & Sanderson (2000) konnten in Untersuchungen an Diasporenbanken von Weiden im Nordosten der USA nachweisen, dass die Diasporenbank kaum Arten mit höheren Futterwertzahlen enthält, sondern im Gegenteil annuelle Ackerunkräuter und ausdauernde Kräuter 63% der keimfähigen Samen ausmachten. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Nachsaat mit hochwertigen Futtergräsern unerlässlich ist, sofern bei der Winterbeweidung Trittschäden auftreten.

Literatur

- Tilman, D.; D. Wedin und J. Knops 1996: Productivity and sustainability by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- Tracy, B.F. und M.A. Sanderson 2000: Seedbank diversity in grazing lands of the Northeast United States. *J. Range Manage.* 53: 114-118.
- Tracy, B.F. und M.A. Sanderson 2004: Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 175-183.

Management des Bodensamenvorrats – ein Beitrag zur Sicherheitsforschung bei transgenem Raps

Sabine Gruber*

Einleitung

Als relativ junge Kulturpflanze weist Raps (*Brassica napus* L.) noch verschiedene Charakteristika von Wildpflanzen auf. Dazu zählt das Vermögen, in den Samen unter bestimmten Umweltbedingungen sekundäre Dormanz zu entwickeln (López-Granados & Lutman, 1998). Ausfallverluste bei der Rapsernte führen in Verbindung mit sekundärer Dormanz oft zu einem umfangreichen und langjährigen Bodensamenvorrat (Pekrun, 2004). Daraus kann später Durchwuchsraps auflaufen, dessen chemische und mechanische Kontrolle vielfach nur eingeschränkt möglich ist. Beim Auftreten von transgenem Durchwuchs kann über Auskreuzung ein unerwünschter Gentransfer auf konventionelle Rapssorten oder Wildpflanzen erfolgen. Aus diesem Grund sind Verfahren und Maßnahmen gefordert, die präventiv den Aufbau eines Bodensamenvorrats einschränken. Zentrale Fragestellungen der Arbeit waren:

- den Einfluss unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung auf den Aufbau des Bodensamenvorrats und auflaufenden Durchwuchsraps zu prüfen sowie die genotypische Variation der Überdauerungsneigung von Rapssamen zu untersuchen;
- in einem methodisch angelegten Ansatz unterschiedliche Verfahren zur Bestimmung der Überdauerungsneigung von Rapssamen in Labor und Freiland zu vergleichen.

Mit beiden Ansätzen sollen im Rahmen der Sicherheitsforschung Chancen abgeschätzt werden, Gentransfer über Durchwuchsraps zu begrenzen.

Material und Methoden

Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Versuche wurden in den Jahren 2001 bis 2004 auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim durchgeführt. Als Ausgangsmaterial fanden entweder natürliche Samenverluste während der Rapsernte oder künstliche Verluste durch gezielt ausgestreute Rapssamen (10.000 Samen m⁻²) Verwendung. Zur Bestimmung der natürlichen Ausfallverluste wurden kurz vor der Ernte Tücher in den Bestand gelegt, um beim Drusch ausfallende Samen aufzufangen. Alle Samenpartien wurden einem Keimtest unterzogen. Um die Ergebnisse auf transgene Rapssorten übertragen zu können, erfolgten die Arbeiten mit den Sorten Artus und Liberator, die isogen zu den transgenen, herbizidtoleranten Sorten Avalon^{LL} und Lilly^{LL} sind. Nach dem Eintrag der Samen kamen vier unterschiedlich intensive Verfahren der Bodenbearbeitung zum Einsatz (Tab. 1). In der Folgefrucht Winterweizen wurden

Tab. 1: Varianten der Bodenbearbeitung

Variante	Stoppelbearbeitung (8 cm), Dyna-Drive*	Grundbodenbearbeitung
BB 1	unverzüglich	Pflug (25 cm)
BB 2	4 Wochen nach der Ernte	Pflug (25 cm)
BB 3	unverzüglich	Grubber (15 cm)
BB 4	keine	keine (Direktsaat der Folgefrucht)

* bodengetriebener Zinkenrotor

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70599 Stuttgart, grubersf@uni-hohenheim.de

keine Herbizide eingesetzt, damit sich ein Maximalszenario an auflaufendem Durchwuchsrapras einstellen konnte. Ein halbes Jahr nach der Rapsernte bzw. dem künstlichen Sameneintrag wurden kurz vor Vegetationsbeginn Bodenproben bis zu 30 cm Tiefe gezogen, um den Umfang und die vertikale Verteilung des Samenvorrats im Boden zu bestimmen. Bis zur Ernte des Winterweizens fanden an mehreren Terminen Erhebungen zum Aufwuchs und zur Entwicklung von Durchwuchsrapras einschließlich der Blüten- und Samenbildung statt.

Genotypische Variation der Überdauerungsneigung

Die Versuche zur genotypischen Variation der Überdauerungsneigung gliedern sich in drei aufeinander aufbauende methodische Ansätze, die sich schrittweise Praxisbedingungen annähern. Im ersten Ansatz (Laborversuch) wurde im Labor durch Trockenstress und Dunkelheit über eine osmotisch wirksame Polyethylenglykollösung sekundäre Dormanz bei Rapssamen induziert, um die sortenspezifische Neigung zur Dormanz, eine Voraussetzung für Samenüberdauerung, zu charakterisieren. Dabei war eine standardisierte Methode zu entwickeln, die eine Beschreibung des Dormanzniveaus rationell und zuverlässig auch im langjährigen Vergleich und mit großen Sortimenten ermöglicht. Im zweiten methodischen Ansatz (Vergrabungsversuch, 'burial experiments') wurden Rapssamen in luft- und wasserdurchlässige Stoffsäckchen eingeschlossen und für ein halbes Jahr 8 cm tief im Boden vergraben. Die Fläche war 2 Wochen lang nach dem Vergraben vor Regen geschützt, um Trockenstress zu provozieren. Im Anschluss an die Entnahme der Samen aus dem Boden erfolgte ein Keimtest. Im dritten Ansatz (Feldversuch) wurden vier Rapssorten angebaut und geerntet. Nach einheitlicher Bodenbearbeitung (BB 1, Tab. 1) erfolgte vor Vegetationsbeginn die Bestimmung des Bodensamenvorrats.

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Ernteverluste in den Versuchen zur Bodenbearbeitung beliefen sich auf rund 1.000 bis 3.000 Samen m⁻² (Tab. 2) und lagen im Vergleich zu Beobachtungen von

Tab. 2: Sameneintrag, Keimfähigkeit (Kf) der eingetragenen Samenmenge und Bodensamenvorrat von Winterraps nach unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung BB 1 – BB 4, 6 Monate nach dem Sameneintrag (t-Test, P ≤ 0,05)

Sameneintrag (Sa. m ⁻²)	Kf (%)	Sorte	Jahr ¹⁾	BB 1	BB 2	BB 3	BB 4
				% der eingetragenen Samenmenge			
Künstliche Samenverluste							
10.000	96,5	Artus	2001	4,2 ^b	1,5 ^{bc}	9,8 ^a	0,0 ^c
10.000	98,3	Artus	2002	7,9 ^a	0,4 ^b	3,8 ^a	1,5 ^b
10.000	81,3	Liberator	2001	0,8 ^a	0,0 ^a	1,9 ^a	0,0 ^a
10.000	87,0	Liberator	2002	9,8 ^a	0,0 ^b	14,0 ^a	0,8 ^b
Natürliche Samenverluste							
1.324	99,7	Liberator	2002	28,5 ^a	2,9 ^b	14,3 ^{ab}	17,1 ^{ab}
2.705	84,5	Liberator	2003	25,1 ^a	5,6 ^b	8,4 ^b	8,4 ^b

¹⁾ des Sameneintrags

Pekrun (2004) von maximal rund 15.000 Samen m⁻² im unteren Spektrum. Die hohe Keimfähigkeit zwischen 80 und 100 % ist ein Hinweis auf das anfänglich große Potenzial an vitalen Samen aus Druschverlusten. Bodenbearbeitung hatte einen signifi-

kanten Einfluss auf den Umfang des Bodensamenvorrats (Gruber et al. 2004a, 2005). Der Bodensamenvorrat betrug bis zu rund 30 % des Sameneintrags und war am größten, wenn die Stoppelbearbeitung unverzüglich nach der Ernte erfolgt war (BB 1 und BB 3). In diesen Varianten waren die Samen schnell Trockenstress und Dunkelheit ausgesetzt, den ausschlaggebenden Bedingungen für die Induktion von Dormanz. Ein 4-wöchiger Aufschub der Stoppelbearbeitung und späterer Pflugeinsatz zur Grundbodenbearbeitung in BB 2 hatte stets einen sehr geringen Bodensamenvorrat zur Folge. Der zugrunde liegende Prozess beruht neben der Einwirkung von Mortalitätsfaktoren vermutlich auf einer Verminderung der Überdauerungsneigung von Samen, die sich längere Zeit an der Bodenoberfläche befinden. Später tief eingearbeitete, jedoch wenig dormante Samen wären so durch fatale Keimung (d.h. Keimung, ohne dass der Keimling die Bodenoberfläche erreicht) dem Bodensamenvorrat entzogen worden. Die Mehrzahl blühender Durchwuchspflanzen war in den Varianten BB 3 und BB 4 nach nicht-wendender bzw. ohne Bodenbearbeitung mit überwiegend oberflächennahem Bodensamenvorrat zu beobachten. Das Maximum von rund einer blühenden Rapspflanze und 60 neu gebildeten Samen m⁻² zeigt die Dimension des Reproduktionspotenzials und möglichen Gentransfers.

Genotypische Variation der Überdauerungsneigung

Sowohl in den Laborversuchen zur sekundären Dormanz als auch in den Vergrabungsversuchen mit Rapssamen wurde in den Prüfsortimenten eine große Variation der Überdauerungsneigung deutlich (Tab. 3; Gruber et al., 2004b). Da beide

Tab. 3: Sekundäre Dormanz (Labor) und Samenüberdauerung (6-monatiges Vergraben) bei unterschiedlichen Winterrapssortimenten aus drei Erntejahren

Ernte-jahr	Niveau der sekundären Dormanz und der Überdauerungsfähigkeit		Korrelation Dormanz/Überdauerung	
	Anteil dormanter Samen im Prüfsortiment (%; Laborversuch)	Anteil überdauernder Samen im Prüfsortiment (%; Vergrabungsversuch)	r	Anzahl Sorten
2001	13 – 76	34 – 90	0,61 *	19
2002	3 – 76	7 – 68	0,80 *	32
2003	1 – 49	6 – 60	0,86 ***	14

methodischen Ansätze in drei Versuchsjahren signifikant mit 0,61 bis 0,86 korrelierten, bilden Laborversuche offenbar dieselben Effekte ab wie Vergrabungsversuche. Laborversuche nach der standardisierten Methode stellen daher eine geeignete Möglichkeit zum effizienten Screening von größeren Sortimenten dar.

Die sortenspezifisch differenzierte Ausprägung von Dormanz blieb über den Versuchszeitraum hinweg erhalten und ist Hinweis auf das Vorliegen eines genetischen Hintergrundes (Gulden et al., 2004). Diese Hypothese wird durch eine Heritabilität des Merkmals 'Dormanz' von 0,83 gestützt (berechnet aus den Varianzkomponenten; Gruber, unveröffentlicht). Auch im Umfang des Bodensamenvorrats nach der Ernte von vier Winterrapssorten (Feldversuch) ergaben sich sortenspezifische Unterschiede (Tab. 4; Gruber et al., 2004c,d), mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,96 (2002) bzw. 0,97 (2003) zwischen Labor- und Feldversuchen (Gruber, unveröffentlicht). Mit gering dormanten Genotypen, die im Labor identifizierbar sind, lässt sich nach den vorliegenden Ergebnissen der Aufbau eines Bodensamenvorrats gegenüber hoch dormanten Genotypen deutlich einschränken.

Tab. 4: Sekundäre Dormanz (% dormante/lebensfähige Samen) und Umfang des Bodensamenvorrats bei vier Winterrapssorten; Bodenbearbeitung BB 1 (t-Test, $P \leq 0,05$; 2003: F-Test Bodensamenvorrat nicht signifikant)

Sorte	Dormanz (Labor)	Ernte 2002		Ernte 2003	
		Bodensamenvorrat (% Sameneintrag)	Dormanz (Labor)	Bodensamenvorrat (% Sameneintrag)	Dormanz (Labor)
Artus	18,9 ^d	0 ^b	2,8 ^c	9 ^a	2,8 ^c
Bristol	28,2 ^c	4 ^{ab}	4,7 ^c	13 ^a	4,7 ^c
Capitol	66,6 ^a	11 ^a	24,8 ^b	27 ^a	24,8 ^b
Liberator	48,5 ^b	9 ^a	26,0 ^a	35 ^a	26,0 ^a

Ausblick

Durch geeignete Bodenbearbeitung lässt sich der Bodensamenvorrat effektiv auf sehr geringem Niveau halten. In der Praxis wird häufig empfohlen, die Stoppel nach der Rapsernte rasch zu bearbeiten, um den Bodensamenvorrat durch schnelle Schaffung eines Saatbetts zu erschöpfen. Nach den vorliegenden Ergebnissen hat hier ein Paradigmenwechsel zu erfolgen: sofern nicht andere pflanzenbauliche Anforderungen bestehen, sollte die Rapsstoppel vor einer Grundbodenbearbeitung längere Zeit unbearbeitet bleiben.

Das Vorliegen eines genetischen Hintergrunds für Samenüberdauerung bei Raps ermöglicht grundsätzlich die Züchtung gering überdauerungsfähiger Sorten. Zukünftige Transformationen, d.h. gentechnische Veränderungen, sollten vor allem mit gering dormantem Ausgangsmaterial vorgenommen werden, um Ideotypen zu schaffen, die ein geringes Potenzial für Gentransfer über Durchwuchsraps aufweisen. Der Vergleich von drei methodischen Ansätzen zeigt, dass Laborversuche die Realität im Freiland abbilden und daher geeignet sind, gewünschte Genotypen als Basis für züchterische Arbeiten und als zusätzliche Sorteninformation effizient zu charakterisieren. Sowohl mit dem Anbau gering dormanter Sorten als auch durch angepasste Bodenbearbeitung kann eine unmittelbare Umsetzung der vorgestellten Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis erfolgen. Die Kombination von geeigneter Bodenbearbeitung mit dem Anbau gering dormanter Sorten verspricht eine erhöhte Sicherheit bei der Minimierung von Gentransfer und Chancen für die Koexistenz von konventionellem und transgenem Raps.

Literatur

- Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2004a: Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *European Journal of Agronomy* 20: 351–361.
- Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2004b: Seed Persistence of oilseed rape: variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 142: 29–40.
- Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2004c: Reducing oilseed rape volunteers by selecting genotypes with low seed persistence. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XIX*: 151–159.
- Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2004d: Sortenunterschiede bei der Überdauerung von Rapssamen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 16: 287–288.
- Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2005: Life cycle and potential gene flow of volunteer oilseed rape in different tillage systems. *Weed Research*, 45: 83–93.
- Gulden, R.H., Thomas A.G., Shirliffe S.J., 2004: Relative contribution of genotype, seed size and environment to secondary dormancy potential in Canadian spring oilseed rape (*Brassica napus*). *Weed Research* 44: 97–106.
- López-Granados, F., Lutman, P.J.W., 1998: Effect of environmental conditions on the dormancy and germination of volunteer oilseed rape seed (*Brassica napus*). *Weed Science* 46: 419–423.
- Pekrun, C., 2004: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Überdauerung von Samen und andere pflanzenbauliche Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik von Ausfallraps. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim.

Erarbeitung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngungsstrategie in Mais mit Hilfe des prozess-orientierten Pflanzenwachstumsmodells APOLLO

Johanna Link*

Einleitung

Bedingt durch heterogene Wachstumsbedingungen können innerhalb eines Schläges Teilflächen mit unterschiedlichem Ertragspotential auftreten. Um den Pflanzenbestand eines heterogenen Schläges bedarfsgerecht zu führen, ist es notwendig die Düngung für die einzelnen Teilflächen anzupassen. Insbesondere in Wasserschutzgebieten können auf heterogenen Flächen bei einheitlicher Düngung Konflikte zwischen intensiver Landbewirtschaftung und dem Schutz der Grundwasservorkommen auftreten.

Ziel der Studie war, einen methodisch neuen Ansatz zu wählen und basierend auf dem Modell APOLLO (Batchelor et al., 2004) eine teilflächenspezifisch angepasste Stickstoff-Düngestrategie in Mais für unterschiedliche Wetterszenarien zu entwickeln. Diese Stickstoff-Düngestrategie wurde vor dem Hintergrund der geltenden Verordnung in Wasserschutzgebieten (SchALVO) und unter Berücksichtigung von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten für drei heterogene Schläge im Oberrheingraben erarbeitet.

Material und Methoden

Diese Studie zur Erarbeitung einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngestrategie in Mais erfolgte auf der Grundlage langjähriger Untersuchungen auf Praxisschlägen im Oberrheingraben, nordwestlich von Freiburg. Dieses Gebiet weist eine jährliche Durchschnittstemperatur von 9,5 °C sowie eine jährliche Niederschlagssumme von ca. 900 mm auf und ist ein Standort für intensiven Maisanbau.

Auf den Praxisschlägen wurde seit 1998 Körnermais unterschiedlicher Sorten in Monokultur angebaut. Die Bestandesführung erfolgte in allen Jahren unter Berücksichtigung der standortüblichen Gegebenheiten. Die Stickstoff-Düngung zu Mais erfolgte in jedem Jahr in zwei homogenen Teilgaben. Die erste Gabe von ca. 35 kg N ha⁻¹ erfolgte als Unterfußdüngung mit der Aussaat, die zweite Gabe zum Vierblattstadium wurde unter Berücksichtigung der aktuellen N_{min}-Werte durchgeführt und lag über die Jahre hinweg zwischen 44 und 120 kg N ha⁻¹.

Um die Ertragsstruktur der Schläge aufzuzeichnen, wurden geocodierte Ertragsmessungen durchgeführt. Innerhalb der Schläge wurden Grids von 15 x 28 m bzw. 22 x 28 m angelegt, welche der weiteren Analyse der geocodierten und auf Trockensubstanz umgerechneten Ertragsdaten dienten. Die ermittelten Ertragsmuster zeigten über die Versuchsjahre eine räumliche und zeitliche Stabilität innerhalb der Schläge (Link et al., 2004a).

Zur Analyse der ertragslimitierenden Faktoren in den Schlägen wurde das prozess-orientierte Modell APOLLO eingesetzt. APOLLO basiert auf den Modellen CERES und CROPGRO. Für die Simulation des Ertrags sind Eingangsparametern wie Bodendaten, Wetterdaten, sowie Informationen zur Bestandesführung, der Kulturart und Sorte notwendig. Im Gegensatz zu anderen Modellen bietet APOLLO die Möglichkeit auf der Ebene von Teilflächen räumlich und zeitlich variable ertrags-

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

limitierende Faktoren des Schlages zu analysieren und darauf aufbauend eine teilflächenspezifisch angepasste Stickstoff-Düngestrategie zu konzipieren (Batchelor et al., 2004). Das Modell wurde für die Schläge anhand der Ertragsdaten der Jahre 1998-2002 kalibriert. Im Kalibrierungsprozess wurden bis zu fünf ertragslimitierende Bodenparameter teilflächenspezifisch auf einer Gridskalierung von 15 x 28 m bzw. 22 x 28 m optimiert. Eine detaillierte Darstellung des Kalibrierungsprozesses findet sich bei Link et al. (2004b).

Für die praxisübliche Düngestrategie wurde eine Düngegabe von 35 kg N ha⁻¹ zur Aussaat und eine Düngegabe von 105 kg N ha⁻¹ zum Vierblattstadium, unabhängig des Wetterszenarios, zugrunde gelegt (Tab. 1). Für diese Entwicklung der teilflächenspezifisch angepassten Düngestrategie wurde die praxisübliche Unterfußdüngung zur Aussaat beibehalten. Die zweite Düngergabe wurde unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Düngermengen (0-300 kg N ha⁻¹ in einer Steigerung von 5 kg N ha⁻¹) und langjährigen Witterungsbedingungen (1976-2003) für Jahre mit <800 mm, 800-1000 mm und >1000 mm Niederschlag optimiert. Dafür wurde anhand der Gleichung [1] für jedes Grid der Nettogewinn des Landwirts aus der zugrunde liegenden Managementstrategie berechnet und über die Jahre mit gleichen klimatischen Verhältnissen gemittelt.

$$NG_{n,t} = E_{n,t} * P_M - N_{n,t} * P_N + AZ_{n,t} \quad [1]$$

Wobei $NG_{n,t}$ dem Nettogewinn (€ ha⁻¹), $E_{n,t}$ dem Ertrag (kg ha⁻¹), P_M dem Preis für Mais (0,13 € kg⁻¹), $N_{n,t}$ der applizierten Düngermenge (kg N ha⁻¹), P_N dem Preis für Stickstoff (0,83 € kg⁻¹) und $AZ_{n,t}$ (165,00 € ha⁻¹) der Ausgleichzahlung in Wasserschutzgebieten (SchALVO) entspricht (n steht für Grid, t steht für Jahr). Diese Ausgleichszahlung kann nur dann in Anspruch genommen werden, wenn der Reststickstoff im Boden nach der Ernte unterhalb des Grenzwertes von 45 kg N ha⁻¹ liegt.

Die Düngermenge, die für jedes Wetterszenario den maximalen Nettogewinn in jedem einzelnen Grid erbrachte, wurde als optimierte Düngermenge für dieses Grid in der teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngestrategie herangezogen (Link et al., 2005). Hier ist anzumerken, dass die optimierte Düngermenge in Abhängigkeit der angenommenen Preise variiert.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Kalibrierung des Modells wurden die beiden Bodenparameter maximale potentielle Durchwurzelungstiefe (cm) und verfügbares Bodenwasser (%) eingesetzt. Die teilflächenspezifische Optimierung beider Parameter führte zu einer guten Korrelation ($R^2 = 0,60$) zwischen den gemessenen und simulierten Griderträgen (Abb. 1). Über die beiden Bodenparameter konnte 60 % der gemessenen Ertragsvariabilität innerhalb der Schläge erklärt werden. Was zeigt, dass beide Faktoren als ertragslimitierende Faktoren auf diesen Schlägen einzustufen sind. Der mittlere simulierte Gridertrag lag mit 8244 kg ha⁻¹ etwas über dem mittleren gemessenen Gridertrag von 8139 kg ha⁻¹. Der geringe Fehler von etwa 2 % zeigt, dass mit Hilfe des Modells APOLLO die historische Ertragsstruktur der Schläge ausreichend genau abgebildet werden konnte, um darauf aufbauend weitergehende Analysen durchzuführen.

Für die praxisübliche Düngung wurden unabhängig des Wetterszenarios insgesamt 140 kg N ha⁻¹ angenommen. Die teilflächenspezifisch angepasste Düngemenge variierte in Abhängigkeit des zugrunde gelegten Wetterszenarios (Tab. 1). Grundsätzlich wurde in der teilflächenspezifisch angepassten Düngestrategie weniger Stickstoff appliziert als in der praxisüblichen Strategie, insbesondere in den Jahren

mit <1000 mm Niederschlag (Tab. 1). Entsprechend der geringeren Stickstoffapplikation wurden für diese Strategie über alle Wetterszenarien hinweg auch geringere Erträge simuliert. So wurden in den Jahren mit Niederschlägen <800 mm im Mittel 4879 kg ha⁻¹ für die praxisübliche und 4741 kg ha⁻¹ für die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie ermittelt. In den Jahren mit einem jährlichen Niederschlag von 800-1000 mm bzw. >1000 lagen die simulierten Erträge der praxisüblichen Düngestrategie im Mittel bei 5641 bzw. 6951 kg ha⁻¹, die Erträge der teilflächenspezifischen Düngestrategie lagen mit 5589 bzw. 6916 kg ha⁻¹ etwas darunter (Tab. 1).

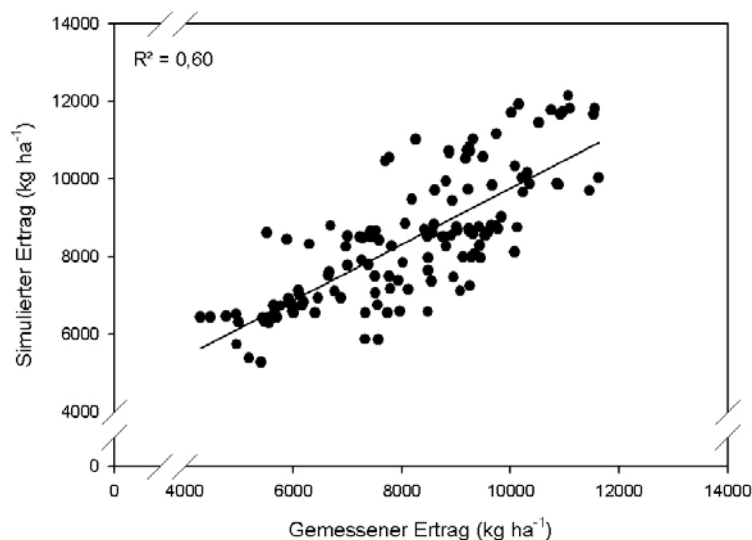


Abb. 1: Korrelation zwischen gemessenem und simuliertem Körnermaiserertrag (kg ha⁻¹) der einzelnen Grids in den Jahren 1998-2002.

Wie erwartet hatte die Stickstoffapplikation in beiden Düngestrategien nicht nur Auswirkungen auf den Ertrag, sondern auch auf die Menge an Reststickstoff im Boden nach der Ernte (0-90 cm). Insbesondere in den Jahren mit geringeren Niederschlägen konnte über die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie der Reststickstoff im Boden deutlich reduziert und damit die Gefahr der Nitratauswaschung vermindert werden (Tab. 1). Anstatt der durchschnittlich 31 kg N ha⁻¹ in der praxisüblichen Düngestrategie, wurde in der teilflächenspezifisch angepassten Düngestrategie eine durchschnittliche Menge an Reststickstoff nach der Ernte von 21 kg N ha⁻¹ ermittelt.

Die Tatsache, dass mit der teilflächenspezifisch angepassten Düngestrategie, höhere Nettogewinne erzielt wurden, kann auf zwei mögliche Ursachen zurückgeführt werden. Zum einen wurde im Durchschnitt weniger Dünger ausgebracht und damit Kosten eingespart. Zum anderen wurde der Grenzwert an Reststickstoff im Boden von 45 kg N ha⁻¹ nach der Ernte in den Grids dieser Düngestrategie seltener überschritten. Somit konnte für die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie häufiger die Ausgleichzahlung in Anspruch genommen werden, was positive Auswirkungen auf den Nettogewinn hatte (Link et al., 2005). Verglichen mit der praxisüblichen Düngestrategie wies die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie damit ein geringeres Risiko für Nitratauswaschungen über die vegetationsfreie Zeit auf. Ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Menge und Auswaschungsgefahr von Reststickstoff im Boden nach der Ernte für unterschiedliche Düngestrategien wurden in Studien von Dampney et al. (1999) und Kitchen et al. (1995) gezeigt.

Tab. 2: Mittelwert und Spanne der Simulation für Stickstoff-Düngermengen, Reststickstoffs im Boden nach der Ernte (0-90 cm), Ertrag und Nettogewinn für die praxisübliche (PD) und die teilflächenspezifisch angepasste Düngestrategie (TAD).

Dünge- strategie	Klima (mm)	Düngemenge			Reststickstoff im Boden (kg N ha ⁻¹)	Ertrag (kg ha ⁻¹)	Netto- gewinn (€ha ⁻¹)
		1. Gabe	2. Gabe	Gesamt			
PD	< 800	35	105	140	31	4879	687
TAD	< 800	35	65	100	20-44 21	4084-5942 4741	537-866 730
PD	800-1000	35	40-75 105	75-110 140	16-28 26	3800-5838 5641	591-877 799
TAD	800-1000	35	66	101	16-38 15	4990-6314 5589	684-915 847
PD	> 1000	35	50-90 105	85-125 140	13-19 25	5001-6314 6951	776-924 996
TAD	> 1000	35	92	127	13-56 24	5791-7944 6916	857-1131 997
			75-100	110-135	13-53	5757-7980	857-1131

Den Ergebnissen nach zu urteilen, können über den gewählten Ansatz, ein prozessorientiertes Modell auf teilflächenspezifischer Ebene einzusetzen, wertvolle Informationen für den Landwirt gewonnen werden können. In dieser Studie wurde insbesondere deutlich, dass der Einsatz einer teilflächenspezifisch angepassten Stickstoff-Düngestrategie sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten für den Landwirt sinnvoll sein kann.

Danksagung

Wir danken dem „ITADA-Projekt 1.1.1 ‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein – Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebene‘, bearbeitet von Dr. Ivika Rühling (IfuL) und Didier Lasserre (ICTF) mit Kofinanzierung durch EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd.“ für die Bereitstellung der Daten.

Literatur

- Batchelor, W.D.; J.O. Paz und K.R. Thorp. 2004: Development and evaluation of a decision support system for precision farming. Proceedings of the 7th Precision Agriculture Conference. Minneapolis, MN, USA. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA.
- Dampney, P.M.R.; G. Goodlass, M.A. Froment, J.V. Stafford. 1999: Environmental and production effects from variable rate nitrogen fertilizer to winter wheat in England. Proceedings of the 7th Precision Agriculture Conference. Minneapolis, MN, USA. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA. pp. 697-708.
- Kitchen, N.R.; D.F. Hughes, K.A. Sudduth, S.J. Birrell. 1995. Comparison of variable rate to single rate nitrogen fertilizer application: Corn production and residual soil NO₃-N. In: Robert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E. (Eds.), Site-Specific Management for Agricultural Systems. ASA Misc. Publ., ASA, CSSA and SSSA, Madison WI. pp. 427-441
- Link, J.; S. Graeff, W.D. Batchelor, W. Claupein. 2004a: Spatial variability and temporal stability of corn (*Zea mays* L.) grain yields in the Upper Rhine Valley (Germany) – relevance of grid size. *Europ. J. Agron.* (submitted).
- Link, J.; S. Graeff, W.D. Batchelor, J.O. Paz, K.R. Thorp, W. Claupein. 2004b: Procedure to Evaluate Spatial Corn (*Zea mays* L.) Yields in the Upper Rhine Valley (Germany) Using a Crop Growth Model. *Europ. J. Agron.* (submitted).
- Link, J.; S. Graeff, W.D. Batchelor, W. Claupein. 2005: Using a Crop Model to Evaluate the Economic and Environmental Impact of a German Compensation Payment Policy under Uniform and Variable-Rate Nitrogen Management Strategies. *Ag. Systems* (submitted).

„Bi-cropping“ von Getreide und Weißklee im ökologischen Landbau – Vorfruchtleistung und Management im zweiten Getreidejahr

Helge Neumann, Ralf Loges & Friedhelm Taube*

Einleitung

Im ökologischen Landbau erfolgt die Stickstoff (N)-Versorgung der Fruchtfolge hauptsächlich über den Anbau Stickstoff fixierender Leguminosen. Aus ökonomischer Sicht besteht die Notwendigkeit, durch den Leguminosenanbau zusätzlich Verkaufserlöse zu erwirtschaften bzw. den Anteil an nicht marktfähigen bzw. markt-schwachen Gründungsfrüchten in der Fruchtfolge möglichst gering zu halten.

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Hof Ritzerau“ der Universität Kiel (<http://www.ecology.uni-kiel.de/ritzerau/>) wurden in den Jahren 2001 bis 2004 verschiedene Experimente zur Direktsaat von Getreide in bereits etablierte Weißkleebestände durchgeführt („Bi-cropping“; Clements, 1998). Ziel der Versuche war die Entwicklung eines Anbausystems, welches es ermöglicht, auf einer Fläche eine Verkaufsfrucht anzubauen (Getreide), ohne auf die überjährige Luftstickstoffbindung einer Leguminose (Weißklee) verzichten zu müssen. In zweijährigen Feldversuchen wurden verschiedene Verfahren zur Optimierung des ökologischen „Bi-cropping“-Anbaus von Winterweizen und Weißklee geprüft (Neumann et al., 2005). Die Ergebnisse der Experimente zeigten, dass der pflanzenbaulichen Steuerung der Konkurrenzsituation der beiden Kulturarten eine entscheidende Bedeutung für den Erfolg des Verfahrens zukommt. Der „Bi-cropping“-Anbau war am erfolgreichsten, wenn der Weißklee unmittelbar vor der Weizenansaat stark mit einer Fräse zurückgedrängt wurde. Durch dieses Verfahren konnten Kornrohproteingehalte von >12% erzielt werden (Backweizen), die Kornerträge blieben jedoch hinter denen der Pflugsaat zurück. Da die „Bi-cropping“-Bestände nach der Ernte des Winterweizens einen vollwertigen (überjährigen) Kleebestand hinterließen, wurde dem Verfahren ein hoher Vorfruchtwert beigemessen (Neumann et al., 2005).

Im folgenden werden Ergebnisse von Nachfolgefruchtversuchen vorgestellt, in denen aufbauend auf den genannten Experimenten zum „Bi-cropping“ von Winterweizen und Weißklee geprüft wurde, wie das Anbausystem im Anschluss an die erste Getreideernte optimal fortgesetzt werden kann.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden auf den Flächen der vorausgehenden Experimente zum „Bi-cropping“ von Winterweizen und Weißklee durchgeführt. Als Folgefrüchte wurden eine Winter- (Winterroggen) und eine Sommergetreideart (Hafer) gewählt. Die Faktoren und Faktorstufen der Nachfolgefruchtversuche sind in der Tab. 1 aufgeführt. Um die Versuche zum „Bi-cropping“ von Winterweizen und Weißklee gemeinsam mit den Folgeexperimenten zu bewerten, wurden für die aus den beiden Versuchsserien resultierenden zweijährigen Fruchtfolgeausschnitte (siehe Tab. 3) die Gesamterträge an Getreideeinheiten (GE) sowie die Energieeffizienz (GE/Dieserverbrauch [GJ]) bestimmt (zur Berechnung der Parameter siehe Kelm, 2004).

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel, E-Mail: hneumann@email.uni-kiel.de

Tab. 1: Faktoren und Faktorstufen der „Bi-cropping“-Nachfolgeversuche (Spalt-Block-Anlagen, vier Wiederholungen) auf dem Versuchsbetrieb Lindhof der Universität Kiel (Standortbedingungen: Braun- und Parabraunerden, Bodenart IS-sL, 40 bis 45 Bodenpunkte, Jahresniederschlag 774 mm, Jahresmitteltemperatur 8,7 °C)

Experiment	Faktoren und Faktorstufen							Reihenweite Nachfrucht		Anbaujahr	
	Vorfrucht		Folgefucht		Saattechnik Nachfrucht						
	„Bi-cropping“	Winterweizen	Winterroggen	Hafer	„Bi-cropping“ (i)	„Bi-cropping“ (ii)	Pflügen	12 cm	36 cm	2002/03	2003/04
Exp. (1)	x	x	x	x			/	/		x	x
Exp. (2)	/		x	x	x	x	x	/		x	x
Exp. (3)	/		x	x	x	x		x	x	x	x

Vorfrucht: „Bi-cropping“: Winterweizen direkt in Weißklee gesät („Bi-cropping“); Winterweizen: herkömmliche Drillsaat von Winterweizen nach Umbruch von Weißklee mit dem Pflug

Saattechnik Nachfrucht (vgl. Neumann et al., 2005): Bi-cropping (i): 'extensiv', Direktsaat von Getreide in Weißklee mit einer Reihenfrässaat- bzw. Grünlandnachsaaatmaschine (Howard Roto-matic); Bi-cropping (ii): 'intensiv', Direktsaat von Getreide in Weißklee unmittelbar nach flächigem Fräsen des Weißklee bis an dessen Überlebensgrenze; Pflügen: herkömmliche Drillsaat von Getreide nach Umbruch der Vorfrucht mit dem Pflug im Herbst (Winterroggen) bzw. Frühjahr (Hafer)

/: kein Faktor, Standardmaßnahme

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten Nachfrucherträge wurden erzielt, wenn der Vorfrucht „Bi-cropping“ (Winterweizen/Weißklee) die Normalsaat von Hafer nach Frühjahrsumbruch folgte (Exp. (1) und (2), Tab. 2 und Abb. 1). Die für dieses Anbauverfahren ermittelten (Parzellendrusch-) Erträge betragen rund 70 dt/ha (0% Kornfeuchte). Die Erweiterung des Reihenabstandes führte in Übereinstimmung mit den vorausgehenden „Bi-cropping“-Versuchen (Neumann et al., 2005) zu Mindererträgen (Exp. (3), ohne Ergebnisdarstellung).

Die zweijährigen Gesamterträge an Getreideeinheiten waren am höchsten, wenn dem „Bi-cropping“-Anbau von Winterweizen und Weißklee oder der Pflugsaat von Winterweizen im zweiten Anbaujahr die Pflugsaat von Hafer folgte (Tab. 3). Die höchste Energieeffizienz wurde erzielt, wenn der Weizenanbau im „Bi-cropping“-System durch die Pflug- oder „Bi-cropping“-Ansaat von Hafer fortgeführt wurde (Tab. 3). Im Hinblick auf die gemeinsame Betrachtung der Parameter Produktivität und Energieeffizienz war es am vorteilhaftesten, wenn dem „Bi-cropping“-Anbau von Winterweizen und Weißklee die Pflugsaat von Hafer nach Frühjahrsumbruch folgte.

Das dargestellte „Bi-cropping“-System könnte insbesondere in Fruchtfolgen des viehlosen Ökolandbaus eingesetzt werden. „Bi-cropping“ könnte hier einen Anteil der vielfach eingesetzten überjährigen Gründüngung mit Klee gras ersetzen. Während der Klee grasanbau im spezialisierten Marktfruchtanbau in der Regel keinen Verkaufserlös erwirtschaftet, ist es mit dem „Bi-cropping“-Verfahren möglich, ein Getreide zu ernten, ohne auf eine dem Klee grasanbau vergleichbar hohe Vorfruchtleistung verzichten zu müssen (vgl. Ruhe et al. 2003).

Tab. 2: Einfluss von Vorfrucht, Nachfrucht und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Korn N Entzug (kg/ha) und die Ertragsstruktur von Winterroggen und Hafer (Exp. (1); Ansaat Winterroggen und Hafer nach Herbst- bzw. Frühjahrsumbruch)

Faktor	Faktorstufe	Ertrag (dt/ha)	Korn N-Entzug (kg/ha)	Ähren/m ²	Tkm (g)	Körner/Ähre, Rispe	Harvest-index (%)
Vorfrucht	Winterweizen	39,2	69,4	378,9	42,3	25,1	0,37
	„Bi-cropping“	55,8	89,2	401,0	42,0	34,0	0,43
	SE/Sign.	1,1 ***	2,4 ***	16,2 n.s.	0,3 n.s.	1,3 ***	0,01 *
Nachfrucht	Roggen	35,7	68,1	373,4	40,0	24,5	0,29
	Hafer	59,3	90,4	406,5	44,4	34,6	0,50
	SE/Sign.	1,1 ***	1,8 ***	16,2 n.s.	0,2 ***	1,3 ***	0,01 ***
Jahr	2003	46,4	73,8	363,3	41,9	31,7	0,41
	2004	48,5	84,7	416,7	42,5	27,4	0,38
	SE/Sign.	1,1 n.s.	2,4 **	16,2 *	0,3 n.s.	1,3 *	0,01 n.s.

SE/Sign.: standard error/level of significance

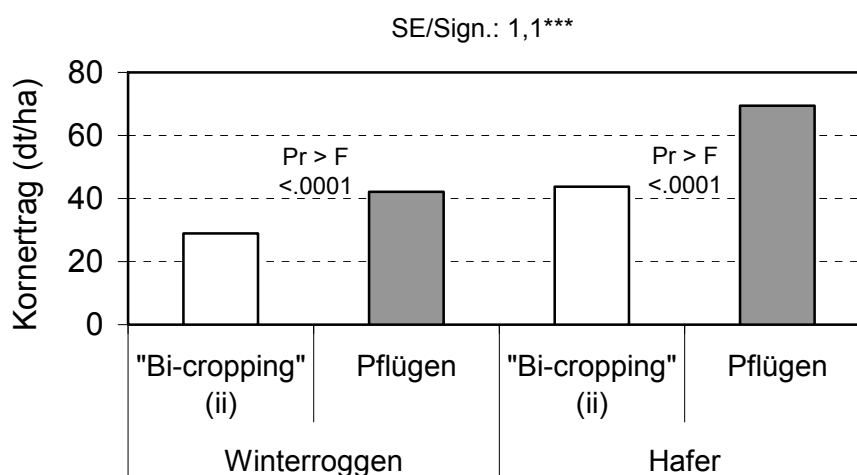


Abb. 1: Kornerträge der „Bi-cropping“-Nachfrüchte Winterroggen und Hafer in Abhängigkeit von der Ansaattechnik der Nachfrüchte (Exp. (2), Wechselwirkung Ansaattechnik*Nachfrucht, Mittel der Versuchsjahre 2003 und 2004; SE/Sign.: standard error/level of significance der Wechselwirkung; Pr>F: level of significance, test of effect slices, slice=Nachfrucht; die Ansaattechnik „Bi-cropping“ (i) (Reihenfrässaat, siehe Tab. 1) wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da die Haferpflanzen bei diesem Verfahren in einem der Versuchsjahre komplett durch den Weißklee überwachsen wurden)

Tab. 3: Ertrag an Getreideeinheiten (GE/ha) und Energieeffizienz (GE/GJ) verschiedener zweijähriger Getreideanbausysteme (Mittel von zwei zweijährigen Anbauperioden und vier Wiederholungen; Getreidereihenweite 12 cm)

System	Anbau im ersten Jahr	Anbau im zweiten Jahr	GE/ha	GE/GJ
	Weizen	Hafer		
System (1)	Pflügen	Pflügen	83,5 a	16,2 bc
System (2)	„Bi-cropping“	Pflügen	88,5 a	20,3 a
System (3)	„Bi-cropping“	„Bi-cropping“	66,7 b	20,0 a
	Weizen	Hafer		
System (4)	Pflügen	Pflügen	71,2 b	13,2 d
System (5)	„Bi-cropping“	Pflügen	72,1 b	15,6 c
System (6)	„Bi-cropping“	„Bi-cropping“	58,7 c	17,7 b
SE/Sign.			2,0 ***	0,5 ***

Pflügen: herkömmlicher Getreideanbau nach Pflugsaat; „Bi-cropping“: „Bi-cropping“ (ii) Getreide/Weißklee (siehe Tab. 1); signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Bonferroni-Holm-Verfahren)

Literatur

- Clements, R. O. 1998: Exploitation of a Sustainable Low-input and Reduced-output System for Arable Crops. Final Report to the European Commission, Contract no. AIR 3 CT93-0893. Internet 28.6.2005: <http://www.biomatnet.org/secure/Air/S1012.htm>.
- Kelm, M. 2004: Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production and organic arable farming. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel 34. Doctoral thesis, University of Kiel.
- Neumann, H.; R. Loges und F. Taube 2005: Entwicklung eines pfluglosen Getreideanbausystems für den ökologischen Landbau: „Bicropping“ von Winterweizen und Weißklee. In: Heß, J. und G. Rahmann (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1. - 4. März 2005 in Kassel: 29-32.
- Ruhe, I.; R. Loges und F. Taube 2003: Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus - Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. 24. - 26. Februar 2003 in Wien, 97-100.

Düngungsintensität und floristische Diversität

Johanna Oerlemans*

Einleitung

Im letzten Jahrhundert ist es aufgrund einer starken Intensivierung der Landbewirtschaftung zu einer deutlichen Reduzierung der Pflanzendiversität gekommen. Es gibt bislang nur wenige Informationen über die optimale Nährstoffversorgung zur Erhaltung und Regeneration von artenreichen Grünlandgesellschaften, meist wird jedoch Artenreichtum mit geringer Nährstoffverfügbarkeit in Zusammenhang gebracht (Janssens et al. 1997). Bei einer Diversitätsmessung ist neben der Ermittlung des Artenreichtums auch die Verteilung der Ertragsanteile einzelner Arten zu berücksichtigen. Ziel dieser Untersuchung ist es festzustellen, wie sich eine langjährig differenzierte N-, P-, K-Düngung auf die floristische Diversität eines *Lolio-Cynosuretum*s auswirkt.

Material und Methoden

Grundlage des Versuchs sind vier *Lolio-Cynosureten*-Versuchsflächen in verschiedenen Höhenlagen, die über 17 Jahre (1986 - 2002) unterschiedlich mit Stickstoff, Phosphat und Kalium versorgt wurden, vgl. Tab. 1. Die N-Versorgung erfolgte mittels Kalkammonsalpeter, Phosphat wurde in Form von Hyper- und Superphosphat gedüngt. Magnesia-Kainit und 50er Kali wurden zur Kalium-Düngung verwendet. Die Varianten wurden auf jeder Fläche als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angeordnet. Um parzellenbedingten Nährstofftransfer zu begrenzen, waren die jeweils

Tab. 1: Düngungsvarianten des N-, P-, K-Versuchs

Faktoren	Stufen	
1. N-Düngung	1.1	0 kg N ha ⁻¹
	1.2	160 kg N ha ⁻¹
	1.3	320 kg N ha ⁻¹
2. P-Düngung	2.1	0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
	2.2	60 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
	2.3	120 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
3. K-Düngung	3.1	0 kg K ₂ O ha ⁻¹
	3.2	80 kg K ₂ O ha ⁻¹
	3.3	160 kg K ₂ O ha ⁻¹

45 * 54 m dimensionierten Versuchsflächen auf Koppeln platziert, die > 2 ha groß bemessen waren. Standortmerkmale sind in Tab. 2 dargestellt. Die Ertragsanteile der vorkommenden Pflanzenarten wurden bei jeder Düngungsvariante vor der Ernte des Primäraufwuchses in 2002 nach Klapp/Stählin (1929) nach 17-jähriger differenzierter Düngung geschätzt, wobei die Aufnahmeflächen der Düngungsvarianten gleich groß waren. Die floristische Diversität wurde mittels der Gesamtartenzahl, des Shannon-Index und der Shannon-Evenness erfasst. Aus den Ertragsanteilen wurden für jede Düngungsvariante der Shannon-Index sowie die Shannon-Evenness folgendermaßen ermittelt (Magurran 1988):

$$\text{Shannon-Index} = - \sum (P_i * \ln P_i)$$

$$\text{Shannon-Evenness} = - \sum (P_i * \ln P_i) / \ln S,$$

wobei P_i = Ertragsanteil Art i / 100 und S = Gesamtartenzahl bedeutet.

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Tab. 2: Standorthöhenlage und bodenchemische Werte der ungedüngten Varianten

Standort	Höhenlage in m ü. NN	pH Wert Boden	P ₂ O ₅ in mg 100 g ⁻¹ Boden	K ₂ O in mg 100 g ⁻¹ Boden
1	210	5,3	7,1	12,7
2	260	5,5	2,9	15,7
3	360	5,6	7,0	11,4
4	620	4,8	5,0	14,2

Die oben aufgeführten Diversitäts-Indikatoren wurden mehrfaktoriell varianzanalytisch verrechnet, wobei für die Artenzahl vor der statistischen Verrechnung eine Wurzeltransformation vorgenommen wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Auf den beiden höher gelegenen Flächen 3 und 4 konnte eine größere Gesamtartenzahl bei nichtvorhandener N-Düngung festgestellt werden als auf den Flächen 1 und 2 (Abb. 1). Die N-Düngung stellt für die transformierte Artenzahl auf allen Flächen die größte Varianzursache dar, da die Artenzahl durch ein steigendes N-Angebot reduziert wird. Durch N-Gaben werden schnell wachsende und konkurrenzfähige Arten, wie z.B. *Alopecurus pratensis* auf allen Flächen, *Elymus repens* auf Fläche 1 und 3 sowie *Holcus lanatus* auf Fläche 2 und *Holcus mollis* auf Fläche 4, gefördert. Daraus resultierend werden langsam wachsende und weniger konkurrenzfähige Arten verdrängt, wobei sich die Anzahl von *Fabaceen*- und sonstigen Kräuterarten sowie die Anzahl von Gräserarten verringert.

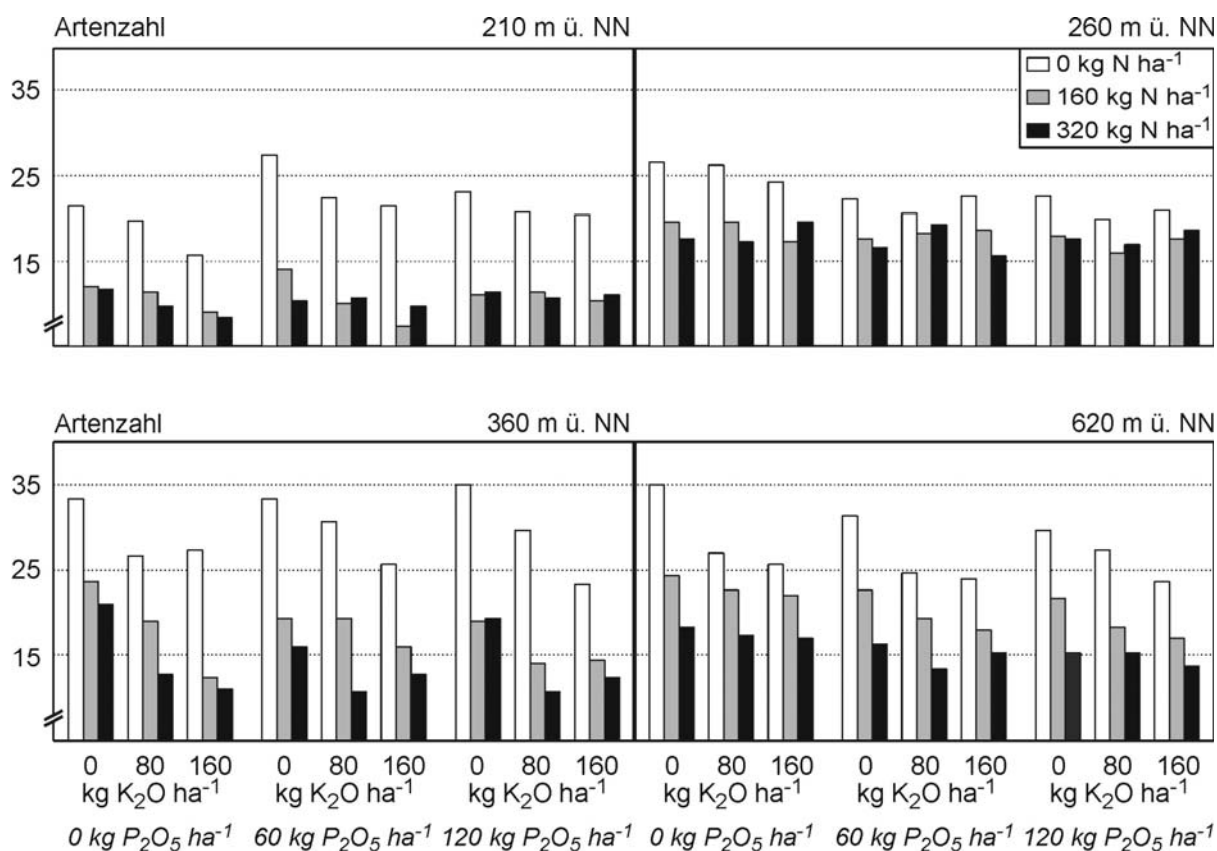


Abb. 1: Artenzahl der Standorte in Abhängigkeit von der Düngung

Neben der N-Düngung führt auf den Standorten 1, 3 und 4 auch die K-Düngung zu einer gesicherten Abnahme der Artenzahl, besonders durch einen Rückgang der sonstigen Kräuterarten. Auf Standort 2 resultieren aus einer P-Gabe ohne N-Düngung hohe Ertragsanteile von *Trifolium repens*, wobei übrige *Fabaceen*- und Kräuterarten verdrängt werden.

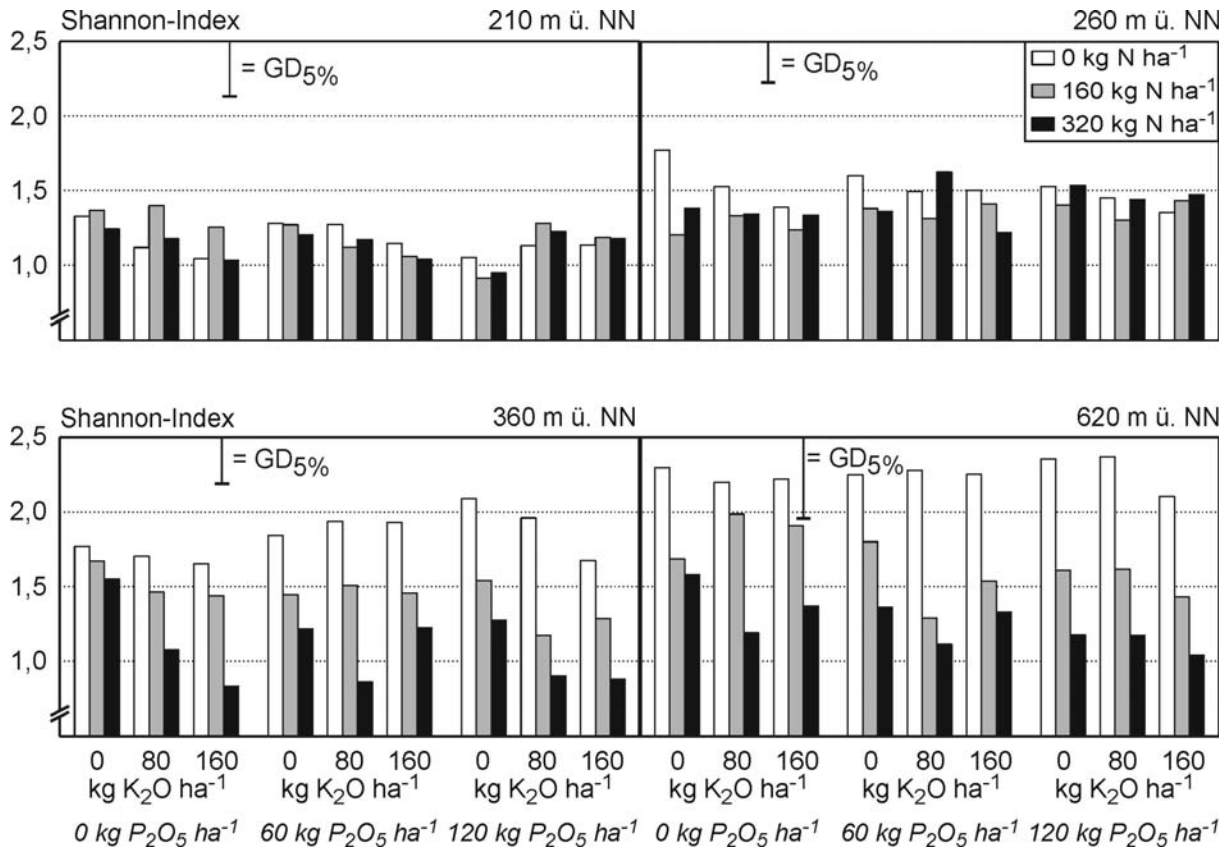


Abb. 2: Shannon-Indizes der Standorte in Abhängigkeit von der Düngung

Neben der Artenzahl werden auch für den Shannon-Index auf den Flächen 3 und 4 höchste Werte erreicht (Abb. 2). Die N-Düngung ist für den Shannon-Index auf den Flächen 2, 3 und 4 die größte Varianzursache. Der Shannon-Index berücksichtigt nicht nur die Artenzahl, sondern auch die Gleichverteilung der Ertragsanteile einzelner Arten (= Evenness). Obwohl die Evenness überwiegend durch das N-Angebot beeinflusst wird, kann der Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Evenness nicht auf allen Flächen gleichermaßen beobachtet werden (Abb. 3). Weitere Faktoren wie z.B. die ursprüngliche Bodennährstoffversorgung und die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft oder Nutzungsintensität beeinträchtigen offenbar den Effekt der Düngung auf die Evenness. Eine Reduzierung der Artenzahl durch N- und K-Düngung kombiniert mit dem Einfluss der Nährstoffversorgung und standortspezifischen Eigenschaften auf die Evenness führt zu einer unterschiedlichen Reaktion des Shannon-Index auf Nährstoffgaben. Auf dem Standort 1 mit geringer Artenzahl und hoher Nutzungsintensität steigert eine N-Düngung die Evenness, was zu einer Korrektur des Artenrückgangs führt und somit mehr oder weniger gleichmäßige Werte für den Shannon-Index hervorbringt. Im Gegensatz dazu verursacht auf dem Standort 4 bei hoher Artenzahl und niedriger Nutzungsintensität eine N-Düngung eine geringere Evenness, in Kombination mit einer Abnahme der Artenzahl wird der Shannon-Index hier durch N-Gaben reduziert. Auf der Fläche 2 sind für die Evenness nur

vereinzelt signifikante Unterschiede gegeben. In Zusammenhang mit der moderaten Reduzierung der Artenzahl bedingt auch hier N-Düngung mehr oder weniger einheitliche Shannon-Index Werte.

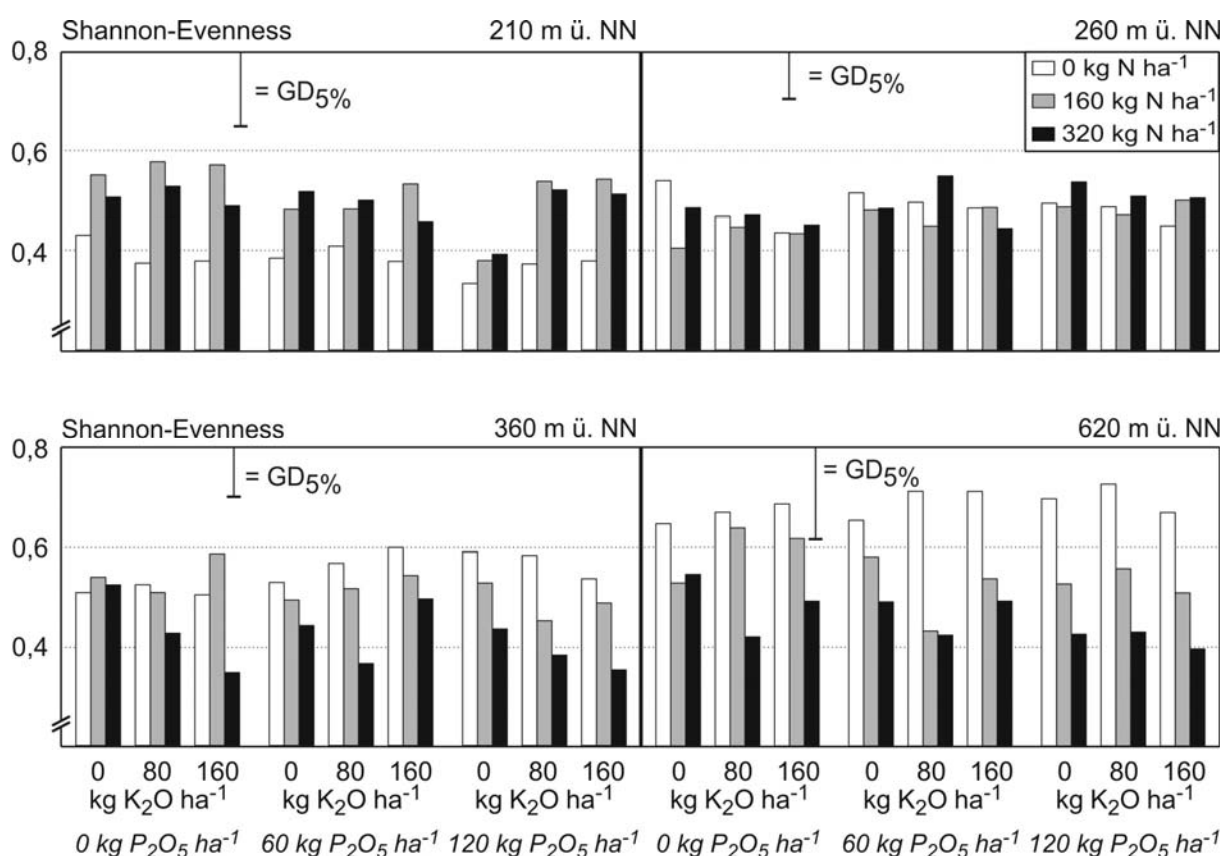


Abb. 3: Shannon-Evenness der Standorte in Abhängigkeit von der Düngung

Auf dem Standort 3 lassen sich für den Shannon-Index Wechselwirkungen zwischen N x P und P x K finden. Auf diesem Standort wird die Evenness nicht nur durch eine N-, sondern auch durch eine P- und K-Düngung beeinflusst. Trotz einer Verringerung der sonstigen Kräuterarten durch K-Gaben wird in einigen Fällen die Evenness bei höherem P- oder K-Angebot erhöht. Dies führt zu den obengenannten Interaktionen N x P und P x K für den Shannon-Index. Daraus ergibt sich für diese Fläche über den Shannon-Index die höchste Diversität bei der 0 N-Düngung in Kombination mit der 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ und 80 bzw. 160 kg K₂O ha⁻¹ Düngung sowie bei der Kombination von 0 N-Düngung und 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ und 0 bzw. 80 kg K₂O ha⁻¹ Düngung.

Literatur

- JANSSENS, F., PEETERS, A., TALLOWIN, J.R.B., SMITH, R.E.N., BAKKER, J.P., BEKKER, R.M., VERWEIJ, G.L., FILLAT, F., CHOCARRO, C. & M.J.M. OOMES, 1997: Relationship between soil nutrients and plant diversity in grasslands: definition of limits for the maintenance and reconstruction of species-rich communities. In: Management for grassland biodiversity, Proceedings of the International Occasional Symposium of the EGF: 315-322.
- KLAPP, E., 1929: Thüringische Rhönhutungen. Wissenschaftliches Archiv der Landwirtschaftlichen Abteilung A, Archiv Pflanzenbau 2: 704-786.
- MAGURRAN, A.E., 1988: Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, New Jersey.

Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus der Biogaserzeugung mit Monosubstrat Kartoffeln

Roland Aigeltinger & Frank Ellmer*

Einleitung

Die Verwertung von Gärrückständen im landwirtschaftlichen Pflanzenbau wird häufig kontrovers diskutiert. Während der Einsatz von Gärrückstand aus Wirtschaftsdüngern wie Rinder- oder Schweinegülle ein anerkanntes Düngeverfahren ist (Roschke 2003, Pötsch et al. 2004), liegen zur Verwendung von Gärrückständen, welche aus organischen Reststoffen wie Kartoffelpülpe in Deutschland bisher keine verwertbaren Erkenntnisse vor.

Mit dem zweijährigen Forschungsvorhaben sollte geklärt werden, wie mit Gärrückständen aus Kartoffel-Monosubstrat zu verfahren ist. Diese fallen im Umfang von ca. 30.000 t a⁻¹ in einem Kartoffelveredlungsbetrieb im Freistaat Sachsen an.

Das Forschungsvorhaben untersucht die Möglichkeiten und Grenzen der pflanzenbaulichen Verwertung der Gärrückstände in Gefäß- und Parzellenfeldversuchen sowie in On-Farm-Experimenten beim Anbau von Silomais, Weizen, Futtererbsen und Kartoffeln. Im Ergebnis sollen praktische Einsatzempfehlungen für die Anwendung von Gärrückständen im Pflanzenbau in Bezug auf Menge, Form und Zeitpunkt gegeben werden.

Material und Methoden

Eigenschaften der Gärrückstände:

100 % pflanzliche Abfälle aus der Kartoffelverarbeitung

Inhaltsstoffe:

2,21 %	Trockensubstanz
0,19 %	Gesamtstickstoff
0,02 %	Gesamtphosphat
0,25 %	Gesamtkalium

Experimentalbasis (zweijährig):

- Mitscherlichgefäßversuch, Standort Berlin-Dahlem
- Parzellenfeldversuch (Blockanlage), Standort Thyrow/Brandenburg
- On-Farm-Versuch (Streifenanlage), Standort Schönberg/Sachsen

Prüfrüchte:

Silomais, Weizen, Futtererbsen, Kartoffeln

Ergebnisse und Diskussion

In den Versuchsjahren 2003 und 2004 konnten bei der Prüfrücht Sommerweizen folgende Ergebnisse erzielt werden:

1) Parzellenfeldversuch am Standort Thyrow/Brandenburg

Der Feldversuch auf schwach schluffigem Sandboden wurde durch die extreme Trockenheit im Sommer 2003 beeinträchtigt, so dass im Mittel lediglich 8,7 dt ha⁻¹ geerntet wurden. Im Versuchsjahr 2004 ist ein durchschnittlicher Kornertrag von 35,3 dt ha⁻¹ erzielt worden. Durch die differenzierte Gärrückstandsgabe wurde der Kornertrag in beiden Jahren nicht signifikant gesteigert. Jedoch zeigte sich eine Erhöhung des

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: roland.aigeltinger@agrar.hu-berlin.de

Rohproteingehalts um 3,3 % im Versuchsjahr 2003 bzw. um 2,9 % im Jahr 2004 (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss von differenzierter Gärrückstandsmenge auf den Kornertrag (dt ha⁻¹ 86 % TS) und Rohproteingehalt (%) von Sommerweizen

Gärrückstands- gabe (m ³ ha ⁻¹)	Versuchsjahr			
	2003		2004	
	Kornertrag	Rohprotein	Kornertrag	Rohprotein
0	8,4	16,4	37,0	13,1
25	8,7	18,3	34,6	14,6
50	8,6	18,6	35,0	15,7
75	8,8	19,3	34,5	15,6
100	8,9	19,7	35,3	16,0

2) On-Farm-Versuch Standort Schönberg/Sachsen

Im Praxisfeldversuch auf sandigem Lehmboden wurde im Versuchsjahr 2003 bei Winterweizen im Mittel ein Kornertrag von 54,0 dt ha⁻¹ erreicht. Im Jahr 2004 sind demgegenüber durchschnittlich 110,2 dt ha⁻¹ geerntet worden.

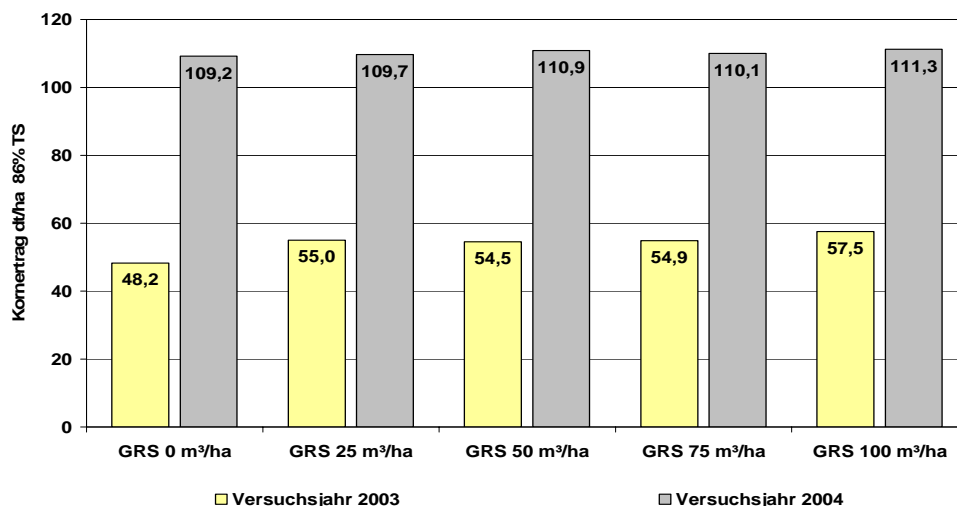


Abb. 1: Einfluss von differenzierter Gärrückstandsgabe (GRS) auf den Kornertrag (dt ha⁻¹ 86% TS) von Winterweizen im Versuchsjahr 2003 und 2004

Die differenzierte Gärrückstandsgabe erhöhte den Kornertrag 2003 um 19,3 % und im Versuchsjahr 2004 um 1,9 % (Abb. 1). Der Rohproteingehalt konnte im Jahr 2003 von 13,1 % (GRS 0 m³ ha⁻¹) auf 13,8 % (GRS 100 m³ ha⁻¹) gesteigert werden. Im Versuchsjahr 2004 zeigte sich keine Erhöhung im Rohproteingehalt (Mittel 13,2 %).

Zusammenfassung

Mit dem Einsatz von Gärrückständen aus der Biogasproduktion können Pflanzennährstoffe effizient recycelt und pflanzenbauliche Vorteile durch Mehrerträge und Qualitätssteigerung realisiert werden.

Literatur

- Roscke, M.: Verwertung der Gärrückstände - Leitfaden „Biogas in der Landwirtschaft“ 2003, <http://www.mlur.brandenburg.de/i/biogas05.htm>
- Pötsch E. M., Pfundtner E., Resch R., Much P.: Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen – 10. Alpenländisches Expertenforum 2004, BAL Gumpenstein Austria

Modell für die Synthese von Inhaltsstoffen in Energiepflanzen

V.C.S. Richter¹⁾, O. Richter²⁾ & J.M. Greef³⁾

Einleitung

Um in der Zukunft eine gesicherte Energieversorgung vor dem Hintergrund endlicher fossiler Energieträger und deren ungelöster Umweltprobleme zu gewährleisten, gewinnt die Entwicklung und Anwendung regenerativer Energien zunehmend an Bedeutung. Der Nutzung von Biomasse, insbesondere aus dem Energiepflanzenanbau, wird dabei ein besonderes Potential zugesprochen. Um dieses Potential betriebswirtschaftlich ausschöpfen zu können, bedarf es einer Entwicklungsstrategie, die die Rohstoffeigenschaften quantifizierbar und vorhersagbar macht, da die Menge und die Qualität des Rohstoffs wesentliche Faktoren in der Wirtschaftlichkeit einer Energieanlage darstellen (vgl. Gailfuß, 1998). Dazu wurde entlang der Wertschöpfungskette ein Modellansatz entwickelt, der sich aus einem modularen Grundprinzip aufbaut (vgl. Abb.1). Nach Vorgaben der Nutzungsrichtung (verfahrenstechnisches Modul) können Verschiebungen im biologischen Modul und die korrespondierenden Anpassungen im produktionstechnischen Modul vorgenommen werden.

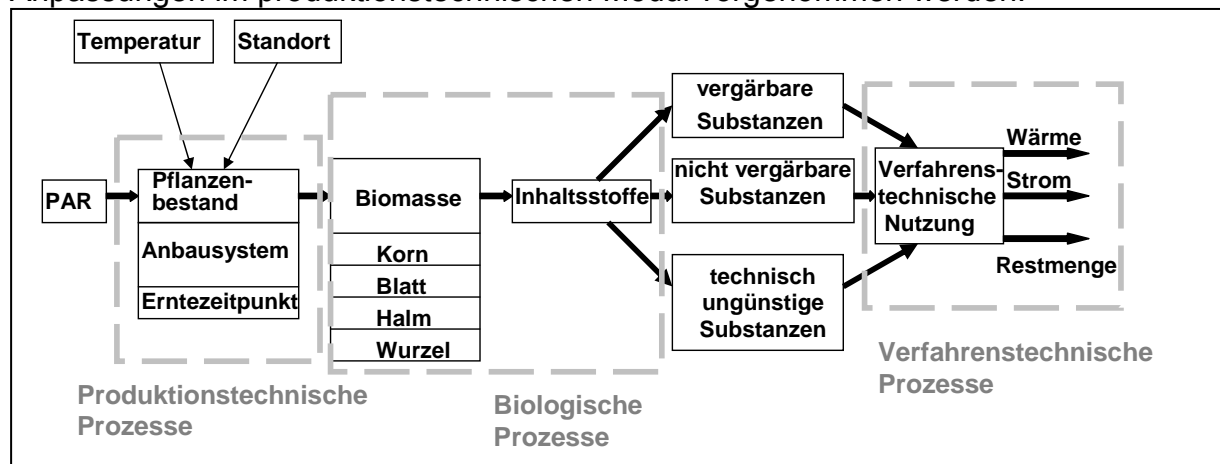


Abb. 1: Wertschöpfungskette

Material und Methoden

Vor dem Hintergrund der verfahrenstechnischen Nutzung simuliert das entwickelte Prognosemodell den dynamischen Wachstumsprozess innerhalb des biologischen Prozesses. Es besteht aus einem System nicht-linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen und baut sich aus einzelnen Submodellen auf. Die Photosynthese als Motor der Energieproduktion in der Pflanze bildet als ein Submodell die Grundlage, in welches als Zustandsvariablen die Strahlung, die Temperatur und der Blattflächenindex als Parameter der Bestandesgeometrie einfließen. Ein darauf aufbauendes Submodell bestimmt die Allokation der Assimilate in Abhängigkeit der Phänologie (Schröder et al., 1995). Die Outputgrößen sind die Biomassen der Pflanzenorgane (Blatt, Halm, Korn, Wurzel). Das dritte Submodell quantifiziert die Inhaltstoffsynthese der Assimilate in den Organen. Als Inputgrößen wurden Versuchsdaten herangezogen.

¹⁾ TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig

²⁾ TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Abt. Umweltsystemanalyse, Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig

³⁾ FAL, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

gen. Die abschließende energetische Ertragsbewertung folgt dem Ansatz nach Greef et al. (1993), der auf der Berücksichtigung der Inhaltsstoffe der Ernteorgane, in denen je nach Zusammensetzung unterschiedliche Energiemengen gespeichert sind, beruht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Zuordnung der Energie nach Inhaltsstoffen ermöglicht die Beurteilung, welche Pflanzenteile den optimalen verwertbaren Energieertrag zu einem bestimmten Zeitpunkt liefern. Das Modell wurde dabei für zwei unterschiedliche Energiepflanzen berechnet: Für Winterweizen (*Triticum spp.*) und Mais (*Zea mays L.*), die in ihrer energetischen Nutzung für die Ethanol- bzw. Biogasherstellung verwendet werden können. Anhand der Validierung durch Versuchsdaten konnte gezeigt werden, dass das Modell realistische Simulationsverläufe liefert (vgl. Abb. 2).

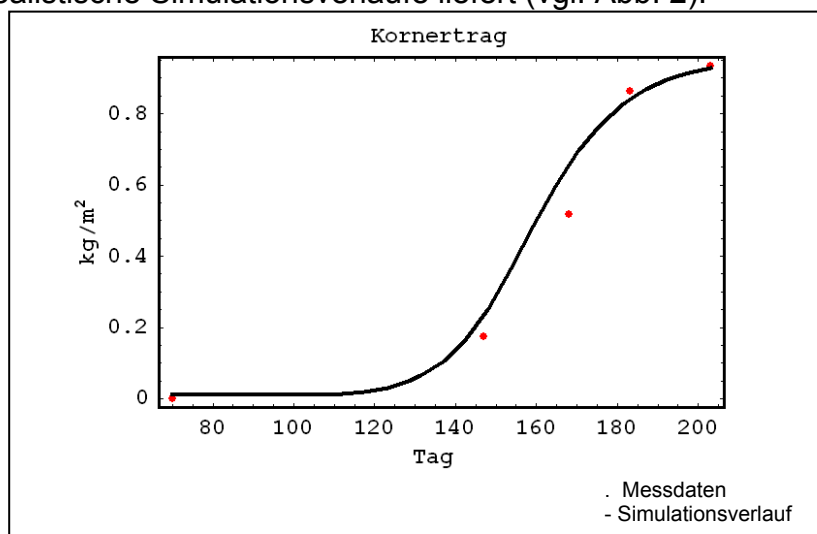


Abb. 2: Modellvalidierung Kornertrag bei Winterweizen

Ziel des Prognosemodells ist es, aufgrund der zeitlichen Inhaltsstoffquantifizierung in den Organen (Biologischer Prozess), Vorhersagen über zu erwartende Energieerträge in Pflanzenbeständen pro ha Fläche zu ermöglichen. Dadurch können, unter Berücksichtigung der Anforderungen einer verfahrenstechnischen Nutzung (Verfahrenstechnischer Prozess), neue Energiepflanzenanbausysteme komponiert werden (Produktionstechnischer Prozess). Im weiteren Verlauf soll das Modell noch um einige Module erweitert werden um möglichst alle Einflussgrößen im Energiepflanzenanbau simulierbar und damit abschätzbar zu machen.

Literatur

- Gailfuß, M., 1998: CO₂-Minderungspotentiale durch Ausbau der Blockheizkraftwerke in Deutschland, Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main.
- Greef, J.M. et al., 1993: Die Strahlungs-, Energie- und Kohlendioxidbindung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, In Berichte Landwirtschaft 71. Auflage, S. 556, Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- Schröder, U., Richter, O. und Velten, K., 1995: Performance of the Plant Growth Models of the Special Collaborative Project 179 with Respect to Winter Wheat. Ecological Modelling 81, S. 243-250.

Feld- und Laborversuche zur Kennzeichnung der TM-Erträge und der Gasausbeute von Maissorten unterschiedlicher Reifezeit

M. Gaudchau¹, Th. Luthardt-Behle², Th. Becker² & B. Honermeier¹

Einleitung

Mit der Verabschiedung des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) im Jahre 2004 sind die Aktivitäten auf dem Sektor alternativer Energiequellen nochmals forciert worden. Dabei kommt insbesondere der Produktion von Biomasse auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zur dezentralen Energiegewinnung in Biogasanlagen eine besondere Bedeutung zu. In verschiedenen Studien hat sich der Mais (*Zea mays* L.) als eine der effizientesten Kulturpflanzen für diese Nutzungsrichtung erwiesen (Amon et al. 2004). Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Biomasseleistung und Energieausbeute von Mais in Abhängigkeit von Erntetermin und Sorte zu prüfen.

Material und Methoden

Im Jahr 2004 wurden an den Standorten Groß-Gerau und Gießen je 4 einfaktorielle Feldversuche (Blockanlagen mit 4 Sorten, 4 Wiederholungen) durchgeführt. Die verwendeten Sorten der Firma KWS (Gavott/S 250, KX 2352/S 270, Vitalina/S 280, Doge/ca. S 700) repräsentieren unterschiedliche Reifezeiten. Die 4 Versuche wurden jeweils zu 4 verschiedenen Terminen beerntet. Ab dem Entwicklungsstadium „frühe Milchreife“ (DC 73) erfolgte die erste Beerntung, daran schlossen sich drei weitere Erntetermine in jeweils zweiwöchigen Intervallen an. Als Prüfmerkmale wurden erfasst: Entwicklungsverlauf, TM-Erträge (gesamt, Blatt, Sprossachse, Kolben) und Inhaltsstoffe (Protein, Stärke, Mineralstoffe) mittels NIRS. Darüber hinaus wurde an zwei deutlich differierenden Sorten („Gavott“ und „Doge“) vom Standort Groß-Gerau mit Hilfe von Batch-Versuchen die Gasbildung und Energieausbeute des Maiserntegutes nach gleicher Methode wie im Vorjahr ermittelt (vgl. Gaudchau et al. 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Es wurde deutlich, dass die geprüften Sorten einen unterschiedlichen Verlauf der TM-Zunahme aufwiesen (s. Abb. 1). Während die TM-Erträge der frühreifen Sorte „Gavott“ bereits nach dem dritten Erntetermin abnahmen, stiegen die Erträge bei der spätreifen „Doge“ kontinuierlich bis zum letzten Schnitt an. Der unterschiedliche Entwicklungsverlauf der Sorten spiegelt sich auch in der TS-Entwicklung der Pflanzen wider. Sorten mit der Reifezahl 250 – 280 erreichten in der als kühl und feucht charakterisierten Vegetationsperiode 2004 bis zum dritten Erntetermin TM-Gehalte von über 30 %. Diese Werte können für die Silierfähigkeit des Erntegutes als ausreichend bewertet werden. Die Sorte „Doge“ erreichte demgegenüber erst zum letzten Erntetermin einen TM-Gehalt von etwa 30 %. Aus diesen Befunden kann geschlossen werden, dass spätreife Sorten (S 700) für den hier genutzten Standort zur Produktion von qualitativ hochwertiger Biomasse als unsicher angesehen werden müssen.

¹ JLU Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, D 35390 Gießen

² FH Gießen-Friedberg, ZFU, Labor für anaerobe Verfahrenstechnik, Wiesenstr. 14, 35390 Gießen

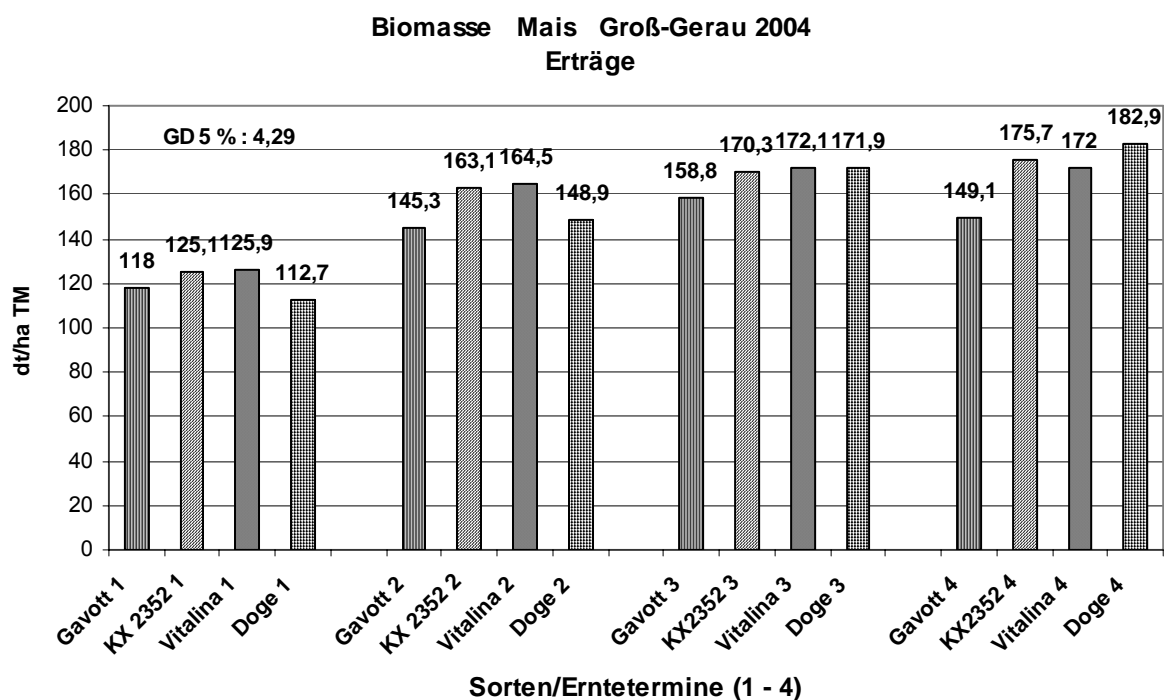


Abb. 1: Ganzpflanzenerträge (dt/ha TM) von Mais in Abhängigkeit von Sorte und Erntetermin, Groß-Gerau 2004

In der Methanausbeute war „Gavott“ bei frühem Erntetermin der Sorte „Doge“ leicht überlegen (s. Tab. 1). Die Verzögerung der Ernte führte bei „Gavott“ zu einem deutlichen Abfall der Gasausbeute von 383 l/kg auf 297 l/kg TM. Auch bei der Sorte „Doge“ wurde eine Abnahme der Methanausbeute bei verzögerten Ernteterminen beobachtet, der jedoch deutlich geringer ausgeprägt war als bei „Gavott“. Die höchsten Erträge an Methan und Energie wurden mit der Sorte „Doge“ beim dritten Erntetermin erreicht.

Tab. 1: Energieausbeute aus Biomasse-Mais – Groß-Gerau 2004

Sorte - Erntetermin	Methanausbeute l CH ₄ /kg TM	Ertrag dt/ha TM	Methanertrag m ³ CH ₄ /ha	Energiegehalt MJ/ha	kWh/ha
„Gavott“ – 1	383	118,0	4519	162.246	45.068
„Gavott“ – 3	335	158,8	5320	190.981	53.050
„Gavott“ – 4	297	149,1	4428	158.975	44.160
„Doge“ – 1	370	112,7	4170	149.699	41.583
„Doge“ – 3	354	171,9	6085	218.461	60.684
„Doge“ – 4	319	182,9	5835	209.459	58.183

Die Befunde unterstreichen die bestehende Interaktion zwischen dem Reifetyp der Sorte und dem Erntetermin. Sie weisen außerdem auf die Bedeutung der Standortverhältnisse hin, die beim Anbau von Energie-Mais zu beachten sind.

Literatur

Amon, Th., V. Kryovoruchko, B., Amon, S., Buga, A. Amid, W. Zollitsch, K., Mayer & E. Pötsch (2004) in: BAL-Berichte-10. Alpenländisches Expertenforum, 18./19.3.2004.
Gaudchau, M., Th. Luthardt-Behle & B. Honermeier (2004): Mitt.Ges.Pflanzenbauwiss. 129-130.

Qualitätssicherung bei Anbau und Vermarktung von high-oleic (HO)-Sonnenblumen durch Einsatz nahinfrarotspektroskopischer Methoden

Christian R. Moschner & Bettina Biskupek-Korell*

Einleitung

Der Anbau hochölsäurereicher Sonnenblumen in Deutschland ist noch mit vielen Problemen behaftet; neben Pilzinfektionen, vorwiegend *Botrytis cinerea* (Grauschimmel, Stängel- und Korbfaule) und *Sclerotinia sclerotiorum* (Weißfäule), haben auch das späte Abreife- und das unterschiedliche Keimverhalten der verfügbaren Sorten einen negativen Einfluss auf die Ertragsbildung. Neben der Stabilisierung der Ertragsicherheit von high-oleic (HO)-Sonnenblumen in Deutschland ist eine verlässliche Erfassung der verschiedenen Erntequalitäten unabdingbar, um eine optimale Verwertung und Wertschöpfung zu realisieren. Für diese Qualitätssicherung bietet sich der Einsatz nahinfrarotspektroskopischer Methoden an, da diese zeit- und kostensparender als die herkömmlichen Referenzverfahren sind und die simultane Bestimmung mehrerer Parameter ermöglichen. Im Rahmen eines durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten drei-jährigen Verbundprojektes sollen diese Probleme gelöst werden (Dilci et al., 2004).

Ziel der hierbei an der Fachhochschule Hannover laufenden Arbeiten ist es, praxistaugliche und leistungsfähige Kalibrationen für verschiedene Nahinfrarot-Gerätetypen zur Abschätzung qualitätsrelevanter Inhaltsstoffe von Sonnenblumensaat zu entwickeln, welche die unterschiedlichen Parameter (Feuchte-, Öl- und Proteingehalt, Fettsäurespektrum sowie Anteil freier Fettsäuren) mit hinreichender Genauigkeit erfassen.

Material und Methoden

Für die hier aufgezeigte Entwicklung und Erweiterung der bisherigen nahinfrarotspektroskopischen Methoden wurde hauptsächlich auf HO-Proben der Erntejahre 2002 und 2003 von zwei Standorten bei Braunschweig und Eckartsweiher zurückgegriffen. Diese Proben wurden sowohl gemahlen als auch intakt mit verschiedenen Nahinfrarot-Spektrometern der Firma FOSS vermessen. Die spektralen Daten gemahlener Achänen wurden mit dem in Transmission messenden Gerät Infratec 1241 Grain Analyzer und mit dem in Reflexion arbeitenden Gerät NIRSystems 6500 erhoben. Weiterhin wurden intakte Achänen mit dem NIRSystems gescant. Für die Kalibrationsentwicklung wurden die Proben referenzanalytisch auf ihre Feuchte- (Trockenschrankmethode), Rohprotein- (Stickstoffbestimmung nach DUMAS) und Ölgehalte (NMR) analysiert sowie die Fettsäurezusammensetzung (GC) und der Anteil freier Fettsäuren (Titration) bestimmt. Die Kalibrationsgleichungen wurden mit Hilfe der Software WinISI II erstellt und mit unabhängigen Validationsproben überprüft.

* Fachhochschule Hannover, Fachbereich Bioverfahrenstechnik, Produktion Nachwachsender Rohstoffe, Heisterbergallee 12, 30453 Hannover, christian.moschner@bv.fh-hannover.de

Ergebnisse und Diskussion

Der Einsatz nahinfrarotspektroskopischer Methoden bietet bei der Qualitätserfassung von Sonnenblumenachänen hinsichtlich Zeit- und Chemikalienbedarf einen großen Vorteil, da hier mehrere Parameter mit hinreichender Genauigkeit schnell und simultan erfasst werden können. Das Vermessen intakter Achänen führt zwar zu geringeren Genauigkeiten, weist aber dennoch einige Vorteile auf: Neben der erheblichen Arbeitseinsparung durch Wegfall der Vermahlung und der Küvettenreinigung ermöglicht sie dem Anwender, das Material nach der zerstörungsfreien Messung weiterhin zu verwenden.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Kalibrationsbereiche und die statistischen Parameter der Validation der entwickelten Methoden mit unabhängigen Proben für die Inhaltsstoffe Protein- und Ölgehalt sowie Ölsäureanteil im Öl aufgezeigt.

Tab.1: Kalibrationsbereiche und statistische Parameter der Validation für die Inhaltsstoffe Protein- und Ölgehalt [% TM] sowie Ölsäureanteil [% Öl]

Spektrometer	Probe	Inhaltsstoff	Bereich	SEP(C)	R ²
Infratec 1241	gemahlen	Protein	10,7-29,9	0,84	0,95
		Ölgehalt	42,8-57,7	0,88	0,91
		Ölsäure	83,4-93,1	1,13	0,65
NIRSystems 6500	gemahlen	Protein	10,7-30,5	0,61	0,97
		Ölgehalt	42,4-57,7	0,56	0,95
		Ölsäure	80,2-93,2	0,45	0,95
NIRSystems 6500	intakt	Protein	11,4-27,6	0,87	0,88
		Ölgehalt	37,8-57,7	0,98	0,84
		Ölsäure	85,4-93,2	0,80	0,79

SEP(C): Standardfehler der Vorhersage korrigiert um den systematischen Fehler

R²: Multiples Bestimmtheitsmaß

Die in Tabelle 1 aufgezeigten Resultate zeigen deutlich die Eignung der Methoden durch einen geringen Standardfehler und ein meist hohes Bestimmtheitsmaß. Während das durch Pérez-Vich et al. (1998) empfohlene Einschränken des Wellenlängenbereiches des NIRSystems 6500 von 400 bis 2500 nm auf 1100 bis 2500 nm für die Parameter Öl- und Proteingehalt zu besseren Ergebnissen führte, wurden die besten Ergebnisse für den Inhaltsstoff „Ölsäure“ beim Verwenden des Gesamtwellenlängenbereich erzielt.

Durch Einbeziehung der Proben der Erntejahre 2004 und 2005 sollten sich die bestehenden Methoden noch verbessern lassen. Diese Weiterentwicklung und der Transfer auf andere Spektrometer führt außerdem zu einem universellen Nutzen für den gesamten Personenkreis, der sich mit Anbau, Vermarktung und Züchtung von HO-Sonnenblumen befasst, um die Qualität der Saat auf eine möglichst schnelle und kostengünstige Art zu ermitteln.

Literatur

- DILCI, B.; RÜHL, G.; HAHN, V.; BISKUPEK-KORELL, B. AND C. R. MOSCHNER 2004: ERTRAGS- UND QUALITÄTS-SICHERUNG VON HIGH-OLEIC-(HO)SONNENBLUMEN. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 203-204.
- Pérez-Vich, B.; Velasco, L. and J. M. Fernández-Martínez 1998: Determination of seed oil content and fatty acid composition in sunflower through the analysis of intact seeds, husked seeds, meals and oil by near-infrared reflectance spectroscopy. J. Am. Oil Chem Soc., 75. Jg., H. 5, S. 547-555.

Niederschlagssituation und Nutzungsform im österreichischen Grünland

Karl Buchgraber*

Einleitung

Das österreichische Grünland erstreckt sich von den Niederungen des Neusiedlersees im pannonischen, flachhügeligen Ostösterreich bis hin zu den niederschlagsreichen Berggebieten. Rund 2,4 Millionen ha landwirtschaftliche Nutzfläche sind in Österreich mit Grünland bewachsen. Auf diesen Grünlandflächen wachsen jährlich rund 6 bis 7 Millionen Tonnen Trockenbiomasse, die die Nahrungsgrundlage für rund 2,5 Millionen Tiere (Rinder, Pferde, Schafe, Ziegen und Wildtiere) darstellt. Die rund 115.000 Grünland- und Viehbauern in Österreich halten pro ha Grünland rund 0,8 Großvieheinheiten, im reinen Berggebiet oft noch deutlich weniger. Die Grünlandanteile an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Betrieben liegen bei 69 % der Grünlandbetriebe über 60 %, bei 14 % der Betriebe zwischen 30 und 60 %. 17 % der Ackerbaubetriebe haben neben ihren Ackerflächen bis zu 30 % Grünlandanteil. Rund 10 % der Grünlandbauern bewirtschaften den Betrieb nach der organisch-biologischen Wirtschaftsweise. Die kleinstrukturierten landwirtschaftlichen Betriebe im Berggebiet halten durchschnittlich weniger als 10 Kühe oder 23 Rinder, wobei 64 % der Kuhhalter weniger als 9 Kühe melken. Obwohl ein Strukturwandel, insbesondere in den besseren Lagen stattfindet, haben nur 238 Betriebe im Jahre 2003 mehr als 50 Milchkühe in Österreich gehalten.

Das Wirtschaftsgrünland (Kulturweiden und mehrmähdige Wiesen) liefert, obwohl nur 55 % der Futterfläche, rund 85 % des jährlichen Futteraufkommens für die Rautfutter verzehrenden Tiere in Österreich. Gemessen am gesamten Ertragsvolumen aus dem Grünland liefert der Feldfutterbau nahezu 15 %. Extensives Grünland in Form von Einmähdigen Wiesen, Hutweiden, Streuobstwiesen, Streuwiesen und Naturschutzwiesen liegt in über 180.000 Kleinparzellen (Ø 1,2 ha) vom Burgenland bis nach Vorarlberg vor. Dazu kommen in den Höhenlagen noch die Almen mit etwa 830.000 ha, wobei rund 500.000 ha als Futterfläche dienen. 330.000 ha ehemaliges Almgebiet droht mehr und mehr zuzuwachsen. In den Niederungen liegen auch rund 40.000 ha nicht mehr genutztes Grünland vor, welches in den nächsten Jahren verbuscht und verwaldet.

Die Gesamtgrünlandfläche von 2.433.505 ha in Österreich dient zu 80 % für die Futternutzung, wobei hier in der Praxis alle Übergangsformen von extensivst bis doch auch intensiv vorliegen. 20 % oder nahezu 500.000 ha Grünlandkulturen sind derzeit ohne Nutzung. Wie viele extensive Grünlandflächen, die heute noch bewirtschaftet werden, künftig durch die Nutzungsaufgabe verloren gehen werden, hängt von agrar- und gesellschaftspolitischen Zielen ab.

Strukturen, Höhenstufe und Hangneigung

Rund 50 % aller Grünlandschläge in Österreich sind kleiner als 0,5 ha, rund 72 % kleiner als 1,0 ha. Nur 2 % aller Grünlandparzellen weisen eine Schlaggröße von über 5 ha auf. Diese Ausmaße zeigen schon, wie schwierig es ist, mit der heutigen Technik diese Flächen zu bewirtschaften. Die Hangneigung auf den Wirtschafts-

* Univ.Doiz. Dr. Karl Buchgraber, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (HBLFA), Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Altirdning 11, A-8952 Irdning

wiesen liegt bei über 29 % der Flächen zwischen 25 und über 50 % – auf den rund 360.000 Einzelparzellen können nur Spezialmaschinen und Geräte zur Bewirtschaftung eingesetzt werden. 71 % der Flächen gehen bis 25 % Hangneigung und sind problemlos zu bewirtschaften. In Österreich liegen von den Grünlandfutterflächen rund 70 % in südlicher und 30 % in nördlicher Ausrichtung. In den Berglagen wurden Südhänge bevorzugt für die Kultivierung von Grünland gerodet, während die Nordlagen seltener dafür herangezogen wurden. Nordlagen sind daher stärker mit Wald bestockt und Südlagen häufiger mit Wiesen und Weiden durchsetzt.

Die Grünlandkulturen in Österreich befinden sich in einer Seehöhe von 200 m (Neusiedl/See) und gehen über 1.500 m in die alpinen Lagen. 46 % der Grünlandflächen liegen unter einer Seehöhe von 600 m. Hier wird auch der Großteil des Feldfutterbaues betrieben, der in diesen Höhenlagen auf den ackerfähigen Standorten meist abwechselnd mit dem Silomaisbau kultiviert wird. In diesen milden Lagen, unter 600 m Seehöhe, kommen auch die Vielschnittflächen vor, die fallweise bis zu sechs mal pro Jahr genutzt werden. Von 600 bis 1.000 m Seehöhe befinden sich 41 % der Grünlandflächen, wobei aber hier die Drei- und Zweischnittflächen dominieren. 13 % der Grünlandflächen für die Heimbetriebe liegen ab 1.000 m Seehöhe.

Bewirtschaftungsintensität der Grünlandbetriebe

Der durchschnittliche Tierbesatz in Österreich liegt im Grünlandgebiet bei 0,8 GVE pro ha. Da über 95 % der Betriebe keinen mineralischen Stickstoff im Grünland verwenden, kann bei der kreislaufbezogenen Wirtschaftsweise vom Tierbesatz auf den Nährstofffluss insbesondere der Stickstoffzufuhren aus den Betrieben auf die Flächen geschlossen werden. Die Grünlandflächen (ohne Almen) werden zu 38 % unter 60 kg/ha mit wirtschaftseigenem Stickstoff versorgt. 54 % der Flächen bekommen zwischen 60 und 120 kg N/ha, nur 8 % der Wiesen und Weiden erhalten von 120 bis 210 kg N/ha und Jahr.

Niederschlagsverteilung auf den Grünlandflächen

Das Grünland in guter Ertragslage benötigt in der Vegetationsperiode für das Wachstum mindestens 800 mm Jahresniederschläge in guter Verteilung. In Österreich zeigten sich schon in den letzten 30 Jahren unterschiedliche Niederschlagszonen für das Grünland. Bei weniger als 600 mm Jahresniederschlag können bei Grünlandflächen, insbesondere bei Dauergrünland auf seichtgründigen Böden auch bei 600 bis 800 mm, Versorgungsprobleme im Hochsommer auftreten. Ab 800 mm Jahresniederschlag sollte die Wasserversorgung gegeben sein, darüber hinaus sind die zu häufigen Regentage oft ein Hindernis für eine qualitative Futterkonservierung.

Im Burgenland liegen nahezu 50 % der Grünlandflächen im Niederschlagsbereich von unter 600 mm. In Niederösterreich bekamen 8 % der Wiesen eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von weniger als 600 mm, weitere 34 % der Grünlandflächen in Niederösterreich erhielten 500 bis 800 mm pro Jahr. Während im Burgenland kaum über 800 mm Niederschlag fallen, wiesen die Grünlandflächen österreichweit zu 56 % zwischen 800 und 1.200 mm und 28 % über 1.200 mm Niederschlag auf. In Vorarlberg erhielten 95 % der Grünlandflächen mehr als 1.200 mm pro Jahr. In Österreich war die Wasserversorgung über die Niederschläge für das Grünland in den Jahren 1960 bis 1990 auf 230.000 ha zu gering oder mangelhaft. In den letzten Jahren, insbesondere im Jahre 2003, trat eine massive Trockenheit auf, bei der rund 500.000 ha Wiesen und Weiden austrockneten.

Die Gefahr von Trockenschäden im Grünland ist gegeben, eine Risikoabschätzung mit einer privatwirtschaftlichen Versicherung wird angestrebt.

Grassland Statistical Yield Modelling with Focus on „Dry“ Seasons

Miroslav Trnka¹, Josef Eitzinger², Grzegorz Gruszczynski², Herbert Formayer²,
Martin Dubrovský³, Andreas Schaumberger⁴ & Zdeněk Žalud¹

Introduction

Grasslands used for forage production or as pastures compose a significant portion of Austrian territory (22% or 1.9 mil. ha) and play an important role in the landscape as well as part of the agriculture production system. Most of the yield variability is caused by the climatic factors and their interactions with soil conditions, sward composition and management. In order to satisfy the need for reasonably accurate meadow yield forecasts, a simple approach relying on the established statistical linkages between limited number of daily or seasonal variables has been applied by the authors.

Material and methods

The main study aims can be formulated as follows: 1) To derive a reliable statistical model for meadows under various management regimes and 2) To evaluate performance of such statistical model during “dry” years. Long-term field data were collected at experimental stations “Gumpenstein” (1961-2001), “Piber” (1971-2001) and “Admont” (1977-1999). The meadows at all experimental sites were dominated by perennial grasses with relatively high proportion of herbs and significant presence of white clover. Our study presents and evaluates the GRASSland statistical Model (GRAM) that could be eventually applied at meadows or grazed grasslands. The model itself is based on the approach originally proposed by Han et al. (2003) that has been significantly modified to suit Austrian conditions (Trnka et al., 2005). GRAM assumes that the grass growth depends on the soil water content in the active root zone as well as water stored in the plant tissues. Compared to the original method proposed by Han et al. (2003) the ratio of ET_a and ET_r calculated by the FAO model (Allen et al., 1998) was applied. One of the advantages of using ET model over the originally proposed approach is that it takes into account influence of the soil conditions on the water balance. In the final step it was necessary to quantify the relationship (using multiple regression and neural network models) between the dry matter yield and set of independent variables that included effective accumulated temperature, effective accumulated solar radiation, cut duration; dose of mineral nitrogen; cut number and in some cases also number of snow days during preceding cold season. Each dataset used in our study was randomly split into two groups regardless of the site with the first sample used for model calibration and the second one for model verification with the independent data set. The data from Admont station were used only for model verification.

Results and discussion

The analysis of the GRAM model performance over verification data set during years characterized by the “dry” weather (i.e. accumulated Standard Precipitation Index < -

¹ Institute of Agrosystems and Bioclimatology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno (MUAFF), Czech Republic, mirek_trnka@yahoo.com

² Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria

³ Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, (IAF), Prague, Czech Republic

⁴ Institute for Grassland Management in Alpine Regions, Gumpenstein, Austria

1.0) showed approximately the same value of explained variability as over the whole dataset (Fig 1). Also the systematic and random errors were very similar to with differences smaller than 1.5% and application of F and t-tests did show no statistically significant difference between GRAM performance during „dry“ and “normal” years. The overall performance of the model under the dry conditions of 2003 has been explored in the spatialized GRAM version, which is presented at this conference by Schaumberger et al. The results of this study confirmed that productivity of meadows in Austria is highly dependent on the combination of available soil water, global radiation, air temperature, dose of nitrogen and management regime (i.e. number of cuts per season). These factors can explain up to 78% of yield variability can be used to determine production potential of selected sites. The GRAM has proven as a suitable tool for utilisation of these strong linkages and thus may be used for various practical purposes. It has been shown that GRAM is capable to reproduce yield variation during extreme seasons and thus could be applied in the assessment of possible impact of dry or extremely wet years on the meadow dry matter yield. In combination with stochastic weather generator GRAM proved to be an effective tool for issuing yield predictions early in the season and has been embedded into the GIS environment for spatial analysis of dry matter yields.

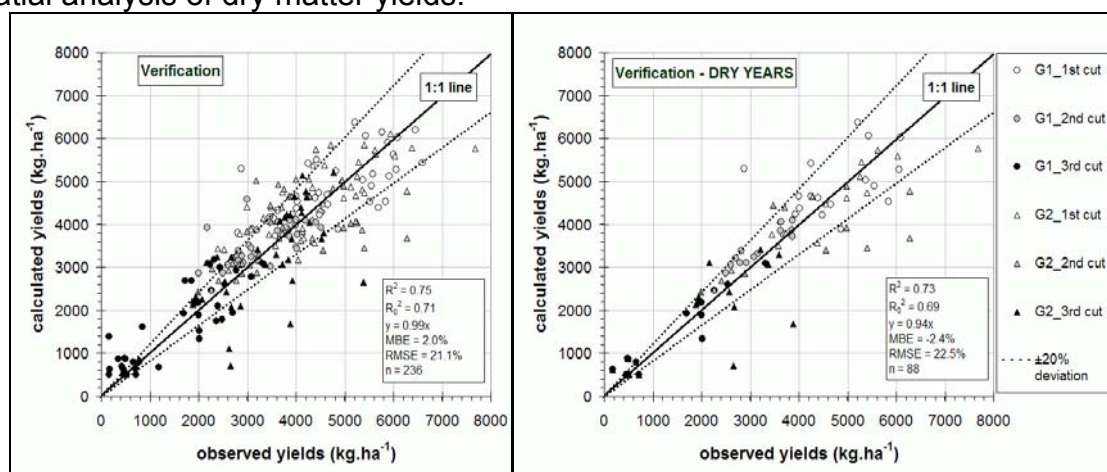


Fig 1: Results of the GRAM model verification runs (left) using experiments that were cut 3 times per year (total $n = 468$). The circles represents results obtained at Gumpenstein experimental station while triangles symbolize Piber station data. Performance of the GRAM model during dry years is given at the right figure. Dotted lines presents $\pm 20\%$ deviations lines. The symbols in the text fields stands for: R^2 – variability explained; R_0^2 – variability explained by linear function forced through 0; MBE – mean bias error of the model predictions; RMSE – root mean square error; n – number of observations.

References

- Allen, G.A., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998: 'Crop Evapotranspiration – guidelines for Computing Crop Water Requirements' FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, 78-86
- Han, D., O'Kiely, P., Sun, D.W.: 2003. Application of Water-stress Models to estimate the Herbage Dry Matter Yield of a Permanent Grassland Pasture Sward Regrowth, Biosyst. Engineer. 84, 101-111
- Trnka, M., Eitzinger, J., Gruszczynski, G., Buchgraber, K., Resch, R. Schaumberger, A., Simple method for modelling permanent grassland yields in Austria, submitted to Grassland and For. Sci.

Acknowledgement: This study was conducted with support of Austrian Agricultural Ministry, Project No. 1282; New version of the weather generator Met&Roll used in the study was developed and tested with support of the Grant Agency of the Czech Republic (Project No. 205/05/2265).

Aufgang und Etablierung verschiedener Gräser und Kräuter bei abgestufter Konkurrenz

Przemyslaw Mazur & Wilhelm Opitz von Boberfeld*

Einleitung

Zur Ergänzung und Verifizierung der Laborbefunde (Ziron 2000, Knödler 2001, Opitz v. Boberfeld et al. 2001) wurden Freilanduntersuchungen durchgeführt. Aufgangsraten, Etablierung und Persistenz der Arten in Abhängigkeit von abgestufter Konkurrenz (Spross-, Wurzel-, Spross- und Wurzel-, fehlende interspezifische Konkurrenz) standen hierbei im Vordergrund. Zusammenfassend stellt sich die Frage, inwieweit Ähnlichkeiten im Konkurrenzverhalten von Arten gleicher Gattungszugehörigkeit bestehen, die sonst unter ungleichen Konkurrenzbedingungen wachsen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt. Die Parzellen wurden – in Abhängigkeit von der Narbenbeschaffenheit – unterschiedlich intensiv genutzt. Die Diasporen der zu untersuchenden Arten wurden im Jahr 2003 zum Zeitpunkt der arttypischen Reife auf nahegelegenen Flächen gesammelt und gereinigt. Die Aussaat der Gräser erfolgte nach der Nutzung in der 26. Woche; die später reifenden Kräuter wurden nach der Nutzung in der 38. Woche gesät, vgl. Tab. 1. Die Einsaat in die etablierten Grasbestände erfolgte mit Hilfe einer Schablone (= 1,20 x 0,8 m, 400 Samen). Auf einem anderen Teil der Parzelle wurden 1000 Samen auf eine gleich große Fläche breit ausgesät. Die aufgegangenen Keimlinge wurden mit farbigen Kunststoffmarkierungen versehen. Weiterhin wurde auf den *Lolium perenne*-Parzellen mit geringer Nutzungsintensität der Einfluss von interspezifischer Spross- und Wurzelkonkurrenz auf Aufgang und Entwicklung der Arten untersucht. In einer Variante ohne Spross- und Wurzelkonkurrenz wurden Samen auf eine vegetationsfreie Fläche ausgebracht. In der Variante mit Wurzelkonkurrenz wurde die Sprosskonkurrenz in einem *Lolium perenne*-Bestand durch regelmäßiges Beschneiden der umliegenden Vegetation ausgeschaltet. Bei einer weiteren Variante ohne Wurzelkonkurrenz wurden die Samen innerhalb eines 20 cm tief in die Erde eingebrachten Rohrs mit 5 cm Radius gesät.

Ergebnisse und Diskussion

Zu den ersten Beobachtungsterminen von *Bromus spec.* (= November 2003, März 2004) sind die größten Varianzursachen in der Vollkonkurrenz die Faktoren Art und Narbe. Im Juli 2004 kann man auch eine signifikante Wirkung der Nutzungsfrequenz und der Wechselwirkung Art x Nutzung beobachten. Seit März 2004 ist die Pflanzenzahl von *Bromus hordeaceus* in den Beständen mit *Lolium perenne* einer Abnahme von 42,5% bis zu 13,1% unterworfen; dies ist vor allem durch hohe Absterberaten von *Bromus hordeaceus* zu erklären (= Therophyt). Die starke generative Vermehrung von *Bromus hordeaceus* ist eine Ursache für die rasche und aggressive Verbreitung (= 100%, Anfang 2005). Im Gegensatz dazu beträgt der Anteil bei der Variante der hohen Nutzungsintensität lediglich 14,0%. Die Nutzungsfrequenz hat nur einen signifikanten Einfluss in den Beständen mit *Lolium perenne* und *Bromus*

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Tab. 1: Varianten des Freilandversuchs mit drei Wiederholungen, angelegt als Lateinisches Rechteck

Faktoren	Stufen	
1. Nutzung	1.1 gering (= 2x geerntet) 1.2 hoch (= 4x geerntet)	
2. Bestand	2.1 <i>Lolium perenne</i> 2.2 <i>Festuca rubra rubra</i>	
3. Interspezifische Konkurrenz	3.1 ohne Konkurrenz 3.2 ohne Sprosskonkurrenz 3.3 ohne Wurzelkonkurrenz 3.4 mit Konkurrenz	
4. Zielart	4.1 <i>Bromus hordeaceus</i> 4.2 <i>Bromus erectus</i> 4.3 <i>Galium mollugo</i> 4.4 <i>Galium verum</i> 4.5 <i>Plantago major</i>	4.6 <i>Plantago media</i> 4.7 <i>Poa annua</i> 4.8 <i>Poa trivialis</i> 4.9 Kontrolle (ohne)

* in den Varianten mit *Lolium perenne* und geringer Nutzungsfrequenz

hordeaceus. Abgestufte Konkurrenz (= Wurzel-, Spross- und fehlende Konkurrenz) hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Aufgangsraten beider Arten.

Bei *Galium spec.* ist die größte Varianzursache sowohl bei der Vollkonkurrenz als auch bei der abgestuften Konkurrenz die Art, was sich durch arttypische, standortbedingte Anpassungsfähigkeit erklären lässt. Bei der Vollkonkurrenz gibt es keine

wesentlichen Unterschiede zwischen Nutzung und Narbe. Im März 2004 beträgt der Aufgang von *Galium mollugo* in der *Festuca rubra*-Narbe 4,5%, *Lolium perenne*-Narbe 7,4%; der Aufgang von *Galium verum* entsprechend 2,6% und 1,7%. Im April 2005 beträgt durchschnittlich der Aufgang für *Galium mollugo* 26,7% und *Galium verum* 14,8%. Abgestufte Konkurrenz spielt nur eine wesentliche Rolle im März 2004. Zwischen beiden Arten - *Plantago major* und *Plantago media* - gibt es einen Unterschied. Eine Wechselwirkung Art x Nutzungsfrequenz hat nur Bedeutung in Beständen mit *Lolium perenne*. In den Beständen mit *Festuca rubra* gibt es keine Unterschiede zwischen Art und Nutzung. Bei fehlender Konkurrenz kommen nur im Juli und November wesentliche Unterschiede zwischen beiden Arten vor. Die fast höchsten Werte werden schon im Juli erreicht und betragen bei *Plantago major* für Sprosskonkurrenz 45,6%, Wurzelkonkurrenz 30,6%, mit fehlender Konkurrenz 11,1%; entsprechend für *Plantago media* liegen die Werte bei 45,6%, 36,7% und 30,6%. Einen deutlichen Effekt bei *Poa spec.* mit voller Konkurrenz übt der Faktor Art aus. Dies ist vor allem in den Beständen mit *Lolium perenne* zu erkennen (= höchste Keimlings-, Pflanzenzahl). In den *Festuca rubra*-Beständen erscheinen Keimlinge hauptsächlich in Narbenlücken – GAP-Detection. Der Aufgang von *Poa annua* und *Poa trivialis* ist sehr gering. Der durchschnittlich höchste Wert liegt für *Poa annua* bei 6,3% und für *Poa trivialis* bei 1,9%. Die Nutzungsfrequenz hat nur bei *Poa annua* im November 2003 einen wesentlichen Einfluss in den Beständen mit *Festuca rubra*. Bei abgestufter Konkurrenz ist der Aufgang beider Arten unterschiedlich, wobei *Poa trivialis* allgemein sehr schwach keimt (= 1,5%); der Aufgang von *Poa annua* liegt dagegen in der Höhe von 44,1%.

Literatur

- Knödler, C., 2001: Keimungsverhalten verbreiteter *Festuco-Brometea*- und *Molinietalia*-Arten. Diss. Gießen.
- Opitz von Boberfeld, W., C. Knödler, C. Ziron, 2001: Keimungsstrategien von Arten verschiedener Grünland-Pflanzengesellschaften. Z. Pflanzenbauwiss. 5: 87-95
- Ziron, C., 2000: Zum Keimverhalten ausgewählter *Plantaginetea majoris*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten. Diss. Gießen.

RAL-Referenzierte Messung der Rasenfarbe

R. Lock*, H. Nonn** & W. Kühbauch*

Einleitung

Die Farbe ist ein wesentliches Kriterium für die Bonität von Rasenflächen. Beeinflusst wird die Rasenfarbe durch die Zusammensetzung der Rasenmischung nach Grasarten und –sorten und die Rasenpflege, Düngung, Bewässerung, Schnittregime etc. Üblicherweise wird die Rasenfarbe durch visuelle Bonitur ermittelt (BSA1999) mit allen damit verbundenen Fehlern. In der vorliegenden Arbeit wurde am Beispiel Rasen untersucht ob und wie mit Hilfe einer hochauflösenden Digitalkamera eine Farbmessung durchgeführt werden kann.

Material und Methoden

Zwei Rasenarten (Gefäßversuch mit Lägerrispe und Rotschwengel) wurden mit einer Digitalkamera vom TYP CANON Powershot mit 5 M Pixel Auflösung aufgenommen. Die Eichung der Kamera erfolgte mit Hilfe des RAL- Design Farbsystems (RAL 1999). Das RAL-Farbsystem besteht als physikalischer Standard aus 1688 Farbkarten die nach dem HLC-System (Hue, Lightness, Chroma) angeordnet sind. Dieses basiert auf einem Zylinderkoordinatensystem, das eine dem menschlichen Farbempfinden ähnliche, gleichabständige Farbanordnung zulässt. Für die Kalibrierung wurde eine dimmbare Halogen-Lichtquelle mit einem ausgeglichenen Lichtspektrum verwendet. Die Farbkarten des RAL Farbsystems wurden zusammen mit einem Weißstandard bei 5 verschiedenen Lichtintensitäten fotografiert. Abb. 1 zeigt die RGB Reflexionswerte einer Farbkarte gegenüber den Reflexionswerten des Weißstandards. Die Funktion ist ein Polynom höheren Grades und wurde durch Regression aus den Messwerten ermittelt. Alle 1688 Farbkarten wurden in gleicher Weise kalibriert. Die Aufnahmen der Rasengräser wurden im RAW-Datenformat erstellt. Alle kameraeigenen Bildverarbeitungsfunktionen wurden während der Aufnahme abgeschaltet. An verschiedenen Stellen im Rasenbild wurde der Weißstandard mitfotografiert. Er dient als Helligkeitsmesser und kann, im Bild räumlich verteilt, gegebenenfalls einen Helligkeitsgradienten ermitteln. Für die Bestimmung der Rasenfarbe wurde aus dem Bild der RGB Reflexionswert des Weißstandards bestimmt, mit Hilfe der zuvor bestimmten Parameter wurden für jede Farbkarte die zugehörigen RGB Reflexionswerte berechnet sowie anhand der RGB Reflexionswerte der Rasengräser nach minimaler Distanz die Farbklassifizierung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Validierung des beschriebenen Verfahrens wurden die Farbkarten unter verschiedenen Lichtquellen fotografiert und das Ergebnis der Messung mit dem Nennwert der Farbkarte verglichen. Die Farbkarten wurden zuverlässig erkannt, wenn ausreichend Licht in allen 3 Spektralkanälen vorhanden war.

Abb.2 zeigt eine starke Streuung der RGB - Reflexionswerte von Lägerrispe und Rotschwengel. Die hohe Anzahl von verschiedenen Farben ist auf die 3-D-Struktur des Rasenbestandes zurückzuführen. Zunächst wurden die Farbwerte jeweils für die Mittelwerte berechnet. Aufgrund der großen Streuung der Farbwerte wurden darüber hinaus für jede Rasenart 2 Helligkeitsklassen gebildet und die RAL-Farbwerte

* Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn

** WOLF-Garten GmbH & Co KG, Industriestraße 83-85, D-57518 Betzdorf

bestimmt. Ein Vorteil des gewählten Verfahrens besteht in der direkten Überprüfbarkeit der Ergebnisse, die jeweils als Farbkarte vorliegen. Sollte eine feinere Farbabstufung erforderlich sein, können Zwischenwerte durch Interpolation ermittelt werden. Die Umrechnung in einen anderen Farbraum, beispielsweise $L^*a^*b^*$, ist gewährleistet. (Gonzalez et. al. 1993).

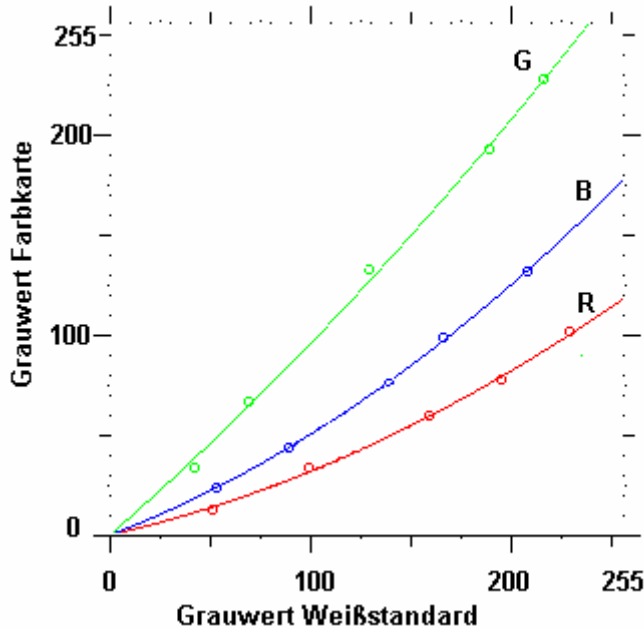


Abb. 1: Kalibrierkennlinien in Grauwerten (0..255) für die 3 Kanäle RGB für die Farbkarte 120,20,20.

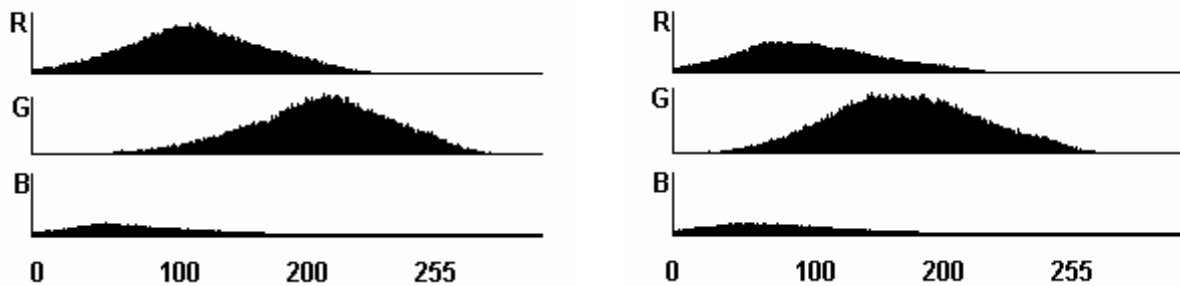


Abb. 2: (links) RGB-Histogramm für die Rasenart Lägerrispe und (rechts) für die Rasenart Rotschwingel.

Tab. 1: RAL-Farbwerte von Lägerrispe und Rotschwingel

Rasenart	RGB-Mittelwert	Helle Anteile	Dunkle Anteile
Lägerrispe	120,40,30	120,60,40	120,40,20
Rotschwingel	110,30,20	110,40,20	110,30,10

Literatur

Bundessortenamt (Hrsg.), 1999: Richtlinie für die besondere Anbauprüfung auf Rasennutzung.
 Gonzalez, R. C., and R. E. Woods. 1993. Digital Image Processing. New York: Addison-Wesley Publishing Co.
 RAL, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. Sankt Augustin 1999 RAL Design Farbsystem

Methoden zur Bestimmung der Backqualität an Winterweizensorten und -stämmen in unterschiedlichen Anbausystemen

Christiane Kelm, Barbara Leithold & Eberhard Weber*

Einleitung

In Deutschland und anderen Ländern Europas ist die Anwendung des Sedimentationswertes nach Zeleny als indirekte Methode zur Bestimmung des Backvolumens von Winterweizen gebräuchlich. In England und den USA wird im Gegensatz dazu der Sedimentationswert mit Natriumdodecylsulfat (SDS) benutzt. Ziel ist es diese indirekten Methoden zu vergleichen, um auch unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus Genotypen mit guter Backqualität selektieren zu können.

Material und Methoden

In den Jahren 2003 und 2004 wurden an einem in der Qualität stark gespreizten Winterweizensortiment (5 E-, 6 A-, 7 B- und 5 C-Weizensorten) zwei verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Sedimentationswertes (Sedimentationstest nach Zeleny (1947) und der durch McDonald (1985) veränderte SDS-Sedimentationstest) im Institut getestet. Des Weiteren wurden der Rohproteingehalt mit NIRS bzw. Kjeldahl und das TKG bestimmt. Diese Methoden wurden im Jahr 2004 parallel an 6 Backweizensorten mit E- bzw. A-Qualitäten und 26 Zuchtstämmen mit bester Qualität unter zwei Anbaubedingungen (konventionell: Versuchsfeld Halle, 100 kg N/ha; ökologisch: Gladbacher Hof) in einem Blockversuch mit jeweils zwei Wiederholungen verglichen und der Ertrag erfasst. Das Brotvolumen (Rapid-Mix-Test) wurde in der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt bestimmt. Eine SDS-PAGE diente der Charakterisierung der Stämme aufgrund ihrer HMW-Glutelinuntereinheiten.

Ergebnisse und Diskussion

Der Methodenvergleich an in der Qualität stark unterschiedlichen Sorten zeigte eine positive Korrelation der beiden Sedimentationswertbestimmungen mit dem Rohproteingehalt (Tabelle 1). Der Test nach Zeleny weist in beiden Jahren einen höheren Korrelationskoeffizienten zum Rohproteingehalt auf als der SDS-Test.

Tab. 1: Korrelationen von Qualitätsparametern und dem TKG im Methodenvergleich und im Backweizenversuch (* signifikant bei $P=0,05$)

		Methodenvergleich		Backweizen	
		2003	2004	2004	
		n=23		n=64	
Merkmal 1	Merkmal 2	konventionell		konv.	ökol.
Rohprotein	Sedi-Zeleny	0,68*	0,94*	0,57*	0,51*
Rohprotein	Sedi-SDS	0,37	0,69*	-0,01	0,09
Rohprotein	TKG	-0,19	-0,37	0,27*	0,12
Sedi-Zeleny	TKG	-0,10	-0,44*	-0,16	-0,02
Sedi-SDS	TKG	-0,12	-0,35	-0,29*	-0,10
Sedi-Zeleny	Sedi-SDS	0,74*	0,82*	0,52*	0,45*

* Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz, Ludwig-Wucherer-Strasse 2, D-06108 Halle (Saale)

Ein negativer Korrelationskoeffizient zwischen den Qualitätsparametern und dem TKG bedeutet, dass mit einer Verringerung dieser Ertragskomponente eine Steigerung der Qualität verbunden ist.

Beim Backweizen mit vorwiegend hohen Qualitätseigenschaften sind diese Beziehungen nicht so eindeutig wie im Methodenvergleich. Anders als der Zeleny-Test zeigte der SDS-Sedimentationstest in konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung keine Korrelation zum Rohproteingehalt.

Die Mittelwerte für Qualitätsparameter und Ertrag zeigen eine deutliche Differenz zwischen der konventionellen und ökologischen Variante (Tabelle 2). Der Rohproteingehalt der ökologischen Variante liegt an der Grenze der Brotvolumenbestimmung und der Zeleny-Sedimentationswert verringert sich auf die Hälfte.

Tab. 2: Mittel-, Minimum- und Maximumwerte (n=32) der Qualitätsparameter und des Ertrages sowie deren Korrelationen (r) zum Brotvolumen (BV) im konventionellen und ökologischen Anbau (* signifikant bei P=0,05)

	konventionell				ökologisch			
	Mittel	Min	Max	r zu BV	Mittel	Min	Max	r zu BV
Brotvolumen (ml)	631,6	570	686		521,5	434	630	
Ertrag (dt/ha)	86,1	66,4	106,9	-0,19	57,0	50,6	65,3	-0,25
Rohprotein (% TS)	13,4	12,0	15,5	0,54*	10,2	9,2	11,4	0,64*
Sedi-Zeleny (ml)	53,1	34,5	67,5	0,44*	26,2	20,5	31,0	0,70*
Sedi-SDS (ml)	60,3	42,5	76,5	0,01	50,2	39,0	63,5	0,04

Wie an den Korrelationskoeffizienten zu erkennen ist, zeigen nur der Rohproteingehalt und der Zeleny-Test einen engen Bezug zum Brotvolumen in beiden Varianten. Die geringe Variation des Zeleny-Tests in der ökologischen Variante erschwert zwar die Selektion, ist aber aufgrund der Beziehung zum Brotvolumen besser geeignet als der SDS-Test, der in keinem der untersuchten Anbausysteme einen Bezug zum Brotvolumen aufweist.

Tab. 3: Allelkombinationen (SDS-PAGE) mit einer Bewertung und mittleres Brotvolumen (BV) im konventionellen Anbau für 26 Stämme

Glu-A1	1 (++)			N (-)					2* (++)	
Glu-B1	7 (-)	7+9 (++)	6+8 (--)	7+9 (++)	6+8 (--)	17+18 (++)	13+16 (+)	7+9 (++)		
Glu-D1	5+10 (++)	5+10 (++)	5+10 (++)	5+10 (++)	2+12 (--)	5+10 (++)	5+10 (++)	5+10 (++)	5+10 (++)	3+12 (-)
n	1	3	1	7	3	1	7	1	1	1
BV	604	624	616	623	635	654	628	676	627	658

Eine Selektion auf Grundlage der positiven Allelkombinationen (1,2*; 7+9, 13+16 bzw. 17+18; 5+10) erlaubt in diesem Versuch nur eine unzureichende Vorhersage des Brotvolumens. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse konnten Stämme mit Eignung für den konventionellen Anbau und Stämme, die den Ansprüchen ökologischer Systeme entsprechen, selektiert werden.

Literatur

- Zeleny, L. 1947: A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. Cereal Chem. 24: 465-475.
 McDonald, C.E. 1985: Sodium dodecyl sulfate sedimentation test for durum wheat. Cereal Foods World 30(9): 674-677.

Einfluss der N-Düngerform auf dessen Verwertung durch Weizen

F.-X. Maidl & W. Heer*

Einleitung

In der landwirtschaftlichen Praxis der BRD werden als mineralische N-Dünger vor allem Kalkammonsalpeter, Harnstoff und Ammonnitrat-Harnstofflösung eingesetzt. In jüngster Zeit wird zunehmend auch der Einsatz mineralischer Stickstoffdünger mit Nitrifikationshemmstoffen diskutiert. Neben der Formulierung – AHL ist ein Flüssigdünger, während die anderen Festdünger sind – unterscheiden sich die Dünger auch in der Stickstoffform und im Preis. Aufgrund dieser Unterschiede unterliegen die N-Dünger verschiedenen Umsetzungsprozessen im Boden, die möglicherweise auch die Pflanzenverfügbarkeit und das Verlustpotential beeinflussen. Es stellt sich daher die Frage nach praxisrelevanten Unterschieden hinsichtlich N-Aufnahme und Ertrag.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Thalhausen der TU München wurde in den Jahren 2003 und 2004 zu Winterweizen, Sorte Pegassos, ein Stickstoffdüngungsversuch mit den Faktoren N-Düngerform und N-Menge angelegt (Tab. 1). AHL wurde mit speziell für die AHL-Düngung entwickelten 5-Loch-Düsen der Fa. Lechler ausgebracht, während die anderen Düngerformen mit einem Nockenrad-Parzellendüngerstreuer ausgebracht wurden. ENTEC wurde bis 100 kg N ha⁻¹ in einer Gabe und bei größeren Mengen in zwei Gaben zu VB und EC 31/32, die anderen N-Dünger wurden mengenabhängig in zwei bis vier Gaben ausgebracht. Der Bodentyp ist als pseudovergleyte Parabraunerde aus Löß, die Bodenart als Lehm mit einer Ackerzahl von 56-59 anzusprechen. Vorfrucht war jeweils Körnermais. Gesät wurde in beiden Jahren in der zweiten Oktoberdekade mit einer Saatstärke von 300 Körner m².

Neben dem Kornertrag und dem Rohproteingehalt im Korn wurden zu den Entwicklungsstadien EC 30, EC 32, EC 65 und EC 92 Biomasseproben gewonnen um auch die Trockenmasseentwicklung und die N-Aufnahme der Weizenpflanzen verfolgen zu können.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

N-Menge:	0, 100, 150, 190, 250 kg N ha ⁻¹
N-Form:	Kalkammonsalpeter Harnstoff Ammonnitrat-Harnstofflösung (AHL) ENTEC KAS (1. Gabe) + AHL (restl. Gaben)

Ergebnisse und Diskussion

Das Jahr 2003 brachte infolge großer Hitze und Trockenheit mit ca. 70 dt ha⁻¹ sehr niedrige Kornerträge, während die milde und feuchte Witterung im Jahr 2004 mit über 110 dt ha⁻¹ Rekorderträge ermöglichte. Entsprechend dieser großen Ertragsunterschiede zwischen den Jahren variierte auch die mittlere N-Aufnahme (2003 125 kg N ha⁻¹ bzw. 2004 219 kg N ha⁻¹).

* TU München, Department Pflanzenwissenschaften, Spezieller Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

Trotz der unterschiedlichen Jahreswitterung erfuhr die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse mit zunehmender N-Düngermenge eine kontinuierliche Zunahme. Das Ertragsmaximum wurde in beiden Jahren in der N-Stufe 4 (190 kg N ha⁻¹) erreicht. Im Jahr 2004 wurden keinerlei Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen N-Formen beobachtet (Tab. 2). Im Trockenjahr 2003 erbrachte Kalkammonsalpeter den höchsten Kornertrag. Die anderen N-Formen brachten in der Reihenfolge AHL, Entec und Harnstoff 2% bis 7% niedrigere Kornerträge (Tab. 2). Diese Ertragsunterschiede waren aber nur bei Harnstoff statistisch absicherbar. Auch bezüglich der Rohproteingehalte wurden bei Kalkammonsalpeter im Trockenjahr 2003 geringfügig höhere Werte ermittelt als bei den anderen N-Formen, während im Jahr 2004 keinerlei Unterschiede beobachtet werden konnten. Die geringfügig niedrigeren Kornerträge und Rohproteingehalte bei Entec und Harnstoff in 2003 deuteten sich bereits zu EC 49 und EC 65 in einer etwas geringeren N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse an (nicht dargestellt).

Tab. 2: Kornertrag, Rohproteingehalt und N-Aufnahme von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Düngerform (N-Menge 190 kg N ha⁻¹) in einem Trocken- (2003) bzw. Feuchtejahr (2004)

N-Form	Kornertrag 2003		Kornertrag 2004		Rohprotein 2003		Rohprotein 2004	
	dt ha-1	rel.	dt ha-1	rel.	%	rel.	%	rel.
KAS	73,2	100,0	122,4	100,0	13,0	100,0	12,1	100,0
AHL	72,0	98,4	123,1	100,6	12,8	98,5	12,5	100,1
Entec	69,7	95,2	125,0	102,1	12,0	92,3	12,2	100,8
Harnstoff	68,2	93,2	120,5	98,5	12,5	96,1	12,4	102,5
KAS+AHL	71,4	97,5	120,8	98,7	12,8	98,5	12,7	104,9

Nach Untersuchungen von Weber et al. (2000) und Gutser et al. (2004) sind die gasförmigen N-Verluste nach AHL-Ausbringung maximal 3% höher als bei Ausbringung von Kalkammonsalpeter. In den hier vorgestellten Versuchen deuteten sich zwischen Kalkammonsalpeter und AHL nur äußerst geringe Wirkungsunterschiede an, während Stickseil et al. (2004) von erheblichen Minderwirkungen bei AHL-Anwendung berichten. Die Ursache für diese gegensätzlichen Ergebnisse dürften in der Ausbringtechnik von AHL begründet sein. AHL muß so grobtropfig wie möglich ausgebracht werden, dies zeigen jüngst begonnene eigenen Arbeiten und Ergebnisse von Gutser et al. (2004). Insgesamt sind die Wirkungsunterschiede zwischen den N-Düngerformen gering. Lediglich bei starker Trockenheit zeigen ammoniumhaltige N-Dünger gewisse Wirkungsschwächen, welche auf Ammoniakverluste zurückzuführen sind (Weber et al. 2000).

Literatur

- Weber, A., R. Gutser, G. Henkelmann und U. Schmidhalter 2000: Unvermeidbare NH₃-Emissionen aus mineralischer Düngung (Harnstoff) und Pflanzenmulch unter Verwendung einer modifizierten Messtechnik. VDLUFA-Schriftenreihe 53: 175.-183.
- Stickseil, E., C. Gastl und J. Dennert 2004: Einfluss der Stickstoffform auf die N-Verwertung durch Weizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 107-108.
- Gutser, R., A. Weber, R. Manhardt und U. Schmidhalter 2004: N-Effizienz oberflächlich applizierter Mineraldünger in Abhängigkeit der Anwendungsform. VDLUFA-Kongressband 2004, 78-80.

Einfluss von sommerannuellen Leguminosenvorfrüchten und unterschiedlich terminierten Gülle-N-Gaben auf Ertrag und Kornrohproteingehalt von Winterweizen

Wichmann, S.¹⁾, R. Loges²⁾ & F. Taube²⁾

Einleitung

In der Praxis des Ökologischen Landbaus ist es unter den Standortbedingungen in Norddeutschland oft schwierig, hohe Winterweizenerträge mit entsprechenden Kornrohproteingehalten (RP-) zu produzieren. Üblich ist ein Anbau von Winterweizen nach legumer Vorfrucht, wobei die N-Vorfruchtwirkung in Abhängigkeit von Leguminosenart (Futterleguminosen vs. Körnerleguminosen), Nutzungsform (Kleeegrasschnitt vs. Mulchen von Kleeegras bzw. Körnererbsen vs. Nutzung der Erbsen-Ganzpflanze) und Nutzungsdauer (mehrjähriger Futterbau vs. sommerannuelle Arten) erheblich variieren kann (Dreymann 2003, Wichmann 2003). Ökobetrieben mit Viehhaltung steht zusätzlich als flexibel einsetzbare N-Quelle Wirtschaftsdünger zur Verfügung, der ergänzend in Abhängigkeit von Aufwandmenge und Applikationstermin zur besseren N-Versorgung von Winterweizen beitragen kann.

Material und Methoden

Vor diesem Hintergrund wurde in einem dreijährigen Projekt auf dem Versuchsgut Lindhof der Universität Kiel (Bodenart Ls-SI, Jahresniederschlag 785 mm; Jahresmitteltemperatur 8,7 °C) mit zwei Vorfrucht- (2001/02) und zwei Nachfruchtjahren (2002/03) der Einfluss von verschiedenen sommerannuellen Leguminosenvorfrüchten (Erbsen, Ackerbohnen, blaue Lupinen, Perserklee in Reinsaat und Gemenge mit einjährigem Weidelgras) und unterschiedlichen Gülleapplikationsterminen (0 kg N ha⁻¹, 75 kg Gülle-N ha⁻¹ zu EC 30, 75 kg Gülle-N ha⁻¹ zu EC 39) auf die Ertragsleistung von Winterweizen untersucht. Als nicht legume und ungedüngte Referenzbestände dienten Hafer, Sommergerste und einjähriges Weidelgras. Untersucht wurden die Merkmale Ernterückstands(-N-)mengen (Handbeprobung incl. Wurzelproben gezogen mit Wurzelbohrer in 30 cm Tiefe) und -N-Konzentrationen (C/N-Analyser), Boden-N_{min}-Werte im Winterweizen zu Vegetationsende im Spätherbst und im Frühjahr, Winterweizen-Kornerträge (Parzellenmähdrescher) und Korn-RP-Gehalte (NIRS und C/N-Analyser). Versuchsdesign war eine split-plot-Anlage mit den Versuchsfaktoren Vorfrucht (Grossteilstück) und Gülleapplikationstermin (Kleinteilstück).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ernterückstandsmengen der untersuchten Vorfruchtbestände und deren Zusammensetzung variieren in einem weiten Bereich (Tabelle 1), wobei die mit 115-126 kg N ha⁻¹ höchsten Rückstands-N-Mengen nach Ackerbohnen, Lupinen und Perserklee zu verzeichnen waren. Ebenso zeigten die Herbst-N_{min}-Werte deutliche Differenzierungen, die aber jeweils im Frühjahr nivelliert wurden. Ursache hierfür waren vermutlich N-Auswaschungsverluste über Winter.

¹⁾ Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, Österreich

²⁾ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald Str. 9, D-24118 Kiel, Deutschland

Tab. 1: Einfluss der untersuchten Vorfruchtbestände auf die Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände sowie auf die N_{\min} -Werte im Herbst und Frühjahr im nachfolgenden Winterweizen.

Vorfrucht	Rückstände [t OM ha ⁻¹]	N in Rück. [kg N ha ⁻¹]	N-Rück. Konz. [%]	N_{\min} -Herbst [kg N ha ⁻¹]	N_{\min} -Frühjahr [kg N ha ⁻¹]
Erbsen	4,96 cb	75,8 b	1,54 b	67,1 ba	74,8 a
Ackerbohnen	5,41 cd	114,9 c	2,10 c	73,0 ba	84,5 a
Lupinen	6,44 d	123,3 c	1,87 c	123,4 d	94,3 a
Sommergerste	4,39 ca	22,5 a	0,49 a	63,0 ba	76,6 a
Hafer	3,75 ab	20,2 a	0,56 a	58,0 a	70,1 a
Perserklee	5,32 cd	125,8 c	2,37 d	95,6 c	92,5 a
Perserklee + WG	5,37 cd	104,3 bc	1,96 c	77,5 b	88,3 a
einjäh. Weidelgras (WG)	3,14 a	41,4 a	1,35 b	61,0 ba	70,2 a

Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P < 0,05$)

Tab. 2: Einfluss von Vorfrucht und Düngungstermin auf den Kornertrag, Korn-N-Entzug und den Kornrohprotein-(RP)-gehalt von Winterweizen.

Vorfrucht	Kornertrag [t TM ha ⁻¹]	Korn-N-Ent. [kg N ha ⁻¹]	Korn-RP-Gehalt [%]
Erbsen	3,10 b	55,5 b	10,2 bc
Ackerbohnen	3,32 bc	60,9 bc	10,3 c
Lupinen	3,81 d	72,4 d	10,8 d
Sommergerste	2,14 a	37,4 a	10,0 ba
Hafer	2,37 a	42,8 a	10,2 bc
Perserklee	3,44 c	65,1 c	10,7 d
Perserklee + WG	3,06 b	55,0 b	10,2 bc
einjäh. Weidelgras (WG)	2,30 a	39,9 a	9,8 a
Düngungstermin			
Kontrolle	2,76 a	49,8 a	10,2 a
75 kg N ha ⁻¹ EC 30	3,14 c	57,0 b	10,2 a
75 kg N ha ⁻¹ EC 39	2,93 b	54,1 b	10,4 b

Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P < 0,05$)

Die untersuchten Vorfruchtbestände wiesen signifikante Einflüsse auf nachfolgenden Winterweizen auf (Tabelle 2), wobei die höchsten Kornerträge mit 3,81 t TM ha⁻¹ beim Weizen nach Lupinen, gefolgt von Weizen nach Perserklee mit 3,44 t TM ha⁻¹ und nach Ackerbohnen mit 3,32 t TM ha⁻¹ festgestellt wurden. Im Mittel war das Kornertragsniveau nach den ungedüngten Referenzbeständen um ca. 30 % niedriger als nach den Leguminosenvorfrüchten. Die Kornrohproteingehalte hingegen unterschieden sich zwar signifikant, waren aber pflanzenbaulich betrachtet, auf niedrigem Niveau. Obwohl der Einfluss der Gülledüngung ebenfalls abzusichern war, ist er aber insgesamt, bedingt durch trockene Bodenverhältnisse nach der Applikation, als gering zu bewerten.

Literatur

- Dreymann, S., R. Loges und F. Taube 2003: Einfluss der Klee grasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung. In: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, B. FREYER (Hrsg.) in Wien 2003, 89-92.
- Wichmann, S., R. Loges und F. Taube 2003: Vergleich von Körnererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste in Hinblick auf Ertrag und Ertragsentwicklung sowie N-Fixierungsleistung, Ernterückstandsmengen und Vorfruchtwirkung. In: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, B. FREYER (Hrsg.) in Wien 2003, S. 185-188.

Zur Stickstoffdüngung von Winterroggen

Michael Baumecker & Frank Ellmer*

Einleitung

Die Stickstoffdüngung ist ein primärer Produktionsfaktor im Getreideanbau. Sinkende Erzeugerpreise, besonders bei der Vermarktung von Winterroggen, und steigende Rohstoffkosten zwingen die Landwirte, ständig nach Möglichkeiten zu suchen, um die Produktionskosten zu senken. Daher wird häufig auch bei der Stickstoffdüngung gespart, um so den steigenden Kosten entgegenzuwirken. Andererseits werden vermehrt stabilisierte Stickstoffdünger angeboten und mit dem Vorteil beworben, dass bei einmaliger Applikation mindestens eine Überfahrt eingespart und eine Aufwandsminimierung erreicht werden kann. Um dieser Frage nachzugehen, wurde in den Jahren 2002 bis 2004 ein dreijähriger Parzellenfeldversuch durchgeführt.

Material und Methoden

Der Feldversuch war am Standort Thyrow der Humboldt-Universität zu Berlin, 25 km südlich des Berliner Stadtrandes, auf einem für die Region typischen leicht schluffigen Sandboden mit einem Feinanteil von 6 % etabliert. Dieser wenig fruchtbare Standort ist mit durchschnittlich 25 Bodenpunkten bewertet worden. Zusätzlich ertragsbegrenzend wirkt sich die geringe mittlere Jahresniederschlagsmenge von 495 mm (langjähriges Mittel 1971-2000) aus, zu der regelmäßig noch eine ungünstige Verteilung in der Vegetationszeit hinzukommt.

Der Versuch wurde unter sehr unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen durchgeführt. Der Zeitraum September bis Juli war 2002 (578 mm) um ein Drittel feuchter als normal, 2003 (372 mm) extrem trocken und warm. 2004 (416 mm) begann mit einem hohen Wasserdefizit aus dem Jahr 2003, das nicht ausgeglichen wurde, aber durch günstig verteilte Niederschläge in den Monaten Mai, Juni und Juli kompensiert werden konnte.

Der Versuch war eine einfaktorielle Blockanlage mit acht Prüfgliedern. Diese beinhalteten N-Menge, N-Form und N-Gabenteilung (Tab. 1).

Tab. 1: Prüfglieder Stickstoffdüngungsversuch Thyrow (2002 – 2004)

Prüfglieder		N (kg ha ⁻¹)
1	ohne N-Düngung	0
2	Ammonsulfatsalpeter (ASS)**	70 [#] + 50 ^{##}
3	Kalkammonsalpeter (KAS)	70 [#] + 50 ^{##}
4	Kalkammonsalpeter (KAS)	70 [#] + 30 ^{##}
5	ENTEC [®]	120 [#]
6	ENTEC [®]	100 [#]
7	Kalkammonsalpeter (KAS) + Bittersalz [#] (60 kg ha ⁻¹ S)	70 [#] + 50 ^{##}
8	Kalkammonsalpeter (KAS)	120 [#]

** Prüfglied nur in 2003 und 2004 Hybridroggen Sorte „URSUS“ 220 keimfähige K m⁻²

zu Vegetationsbeginn ## zum Schossen

Herbizideinsatz im Herbst, Grunddüngung 100 kg ha⁻¹ K, Fungizideinsatz nach Befall, einmalig

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; michael.baumecker@agrar.hu-berlin.de

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge des Winterroggens standen primär unter dem Einfluss der gedüngten N-Menge und der Jahreswitterung. Die N-Form und die Gabenteilung hatten demgegenüber nur geringe Ertragseffekte (Tab. 2).

Tab. 2: Kornerträge von Winterroggen (dt ha⁻¹, 86 % TS)

Prüfglieder		Kornertrag (dt ha ⁻¹ , 86 % TS)			
		2002	2003	2004	Mittel
1	ohne N-Düngung	23,7	21,1	26,7	23,8
2	ASS 70 + 50**	-	41,0	64,3	52,7
3	KAS 70 + 50	53,5	40,3	61,5	51,8
4	KAS 70 + 30	52,8	39,1	60,9	50,9
5	ENTEC® 120	54,2	40,4	64,9	53,2
6	ENTEC® 100	54,3	43,2	62,8	53,4
7	KAS 70 + 50 + Bittersalz (60 kg ha ⁻¹ S)	54,9	39,5	65,3	53,2
8	KAS 120	52,9	42,2	64,0	53,0
	GD α <5 %	4,7	2,3	3,3	-

** Prüfglied nur 2003 und 2004

In Abhängigkeit von der witterungsbedingten Wasserversorgung sind in den drei Jahren Ertragsunterschiede zwischen 40 und 65 dt ha⁻¹ aufgetreten. Die Effekte der unterschiedlichen Stickstoffdüngung differierten dagegen in wesentlich engeren Bereichen. Im Jahr 2002 lagen die Erträge zwischen 52,8 und 54,9 dt ha⁻¹ (+/- 2,1 dt ha⁻¹), 2003 entsprechend zwischen 39,1 und 43,2 dt ha⁻¹ (+/- 4,1 dt ha⁻¹) und 2004 zwischen 61,5 und 65,3 dt ha⁻¹ (3,8 dt ha⁻¹). Die Differenzen zwischen den Prüfgliedern waren in den meisten Fällen nicht signifikant. Im Mittel der Jahre betrug der Ertragseffekt differenzierter N-Düngung nach N-Form und N-Splitting 2,5 dt ha⁻¹ (50,9 bis 53,4 dt ha⁻¹).

Aus den Befunden lassen sich folgende Schlussfolgerungen für den Winterroggenanbau auf leichten Sandböden im nordostdeutschen Tiefland ziehen:

- Zu Winterroggen ist die einmalige N-Düngung bis 120 kg ha⁻¹ zu Vegetationsbeginn möglich.
- Der Einsatz von stabilisierten Stickstoffdüngern ist unter diesen Produktionsbedingungen nicht notwendig.
- Die N-Menge kann um 20 % reduziert werden, ohne dass ökonomisch relevante Kornertragsverluste eintreten.
- Auf Schwefeldüngung zu Winterroggen kann auf den leichten Sandböden Brandenburgs noch verzichtet werden.

Literatur

- Baumecker, M. (2005): Stickstoff in einer Gabe. Bauernzeitung 12: 23-25
 Stickse, E.; Gastl, C.; Dennert, J. (2004): Einfluss der Stickstoffform auf die N-Verwertung durch Weizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16: 107-108

Auswirkungen meteorologischer Extreme auf die Pflanzenproduktion in Österreich

Gerhard Soja¹, Josef Eitzinger², Werner Schneider³ & Anna-Maria Soja¹

Einleitung

Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion als Rezeptor der Trockenperiode von 2003 – diese Thematik wird in der vorliegenden Studie mittels agrarstatistischer, (agrar-)meteorologischer Modelle sowie Fernerkundungsdaten behandelt (Soja et. al. 2005). Ziel dieser Zusammenführung von Methoden war es, sie auf ihre unterschiedliche Eignung zu testen für

- die Erklärung der 2003 beobachteten Ertragsreduktionen und
- zukünftige Prognose- und Monitoring-Aufgaben der Auswirkungen ungünstiger Witterungsbedingungen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden auf zwei unterschiedlichen räumlichen Skalen – auf Bezirksebene, sowie auf Feldebene – durchgeführt.

Auf Bezirksebene wurden meteorologische Parameter und deren Einfluss auf die Erträge untersucht. Dieser Ansatz hat eine kleinräumigere und feinere zeitliche Auflösung, als es bisher auf Basis der in Österreich verfügbaren Datenlage möglich gewesen war. Herangezogen wurden die amtlichen Ertragsdaten der Kulturen Sommergerste, Winter-(Weich-)weizen, Körnermais und Grünland (nur Wiesen) für den Zeitraum 1997-2003; bezüglich meteorologischer Daten wurde pro Bezirk eine repräsentative Klimastation ausgewählt. Die Niederschlags- und Temperaturdaten für den jeweiligen Vegetationszeitraum wurden in halbmonatlicher Auflösung zur Berechnung und Ableitung von Kennwerten für niederschlagsfreie Perioden herangezogen, welche mit den entsprechenden Ertragsdaten des siebenjährigen Untersuchungszeitraums in Beziehung gesetzt wurden. Auf Basis dieser Korrelationen wurden jene meteorologischen Parameter und Zeitfenster selektiert, welche die deutlichsten Zusammenhänge zur Ertragsbildung erkennen ließen. Agrarmeteorologische Modelle und Indizes, meteorologische Indizes und Fernerkundungsindizes wurden auf der kleinsten räumlichen Skala, der Feldebene untersucht, da auf dieser Ebene die erforderlichen zusätzlichen Eingangsdaten (Bodeninformationen, Produktionsmethoden) vorlagen. Es wurden insbesondere die Ertragsreduktionen des Jahres 2003 im Vergleich zum feuchten Jahr 2004 untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die räumliche Darstellung der Ertragsreduktionen 2003 wies auf eine deutliche Variabilität der Produktivitäts-Einbußen hin (**Abb. 1**). Die statistischen Auswertungen zeigten die Existenz kulturart-spezifischer Zeitfenster besonderer Empfindlichkeit auf, zu denen sich lange Trockenheit und hohe Temperaturen negativer auswirkten. Außer Mais waren die untersuchten Pflanzenarten im Allgemeinen gegen hohe Maximaltemperaturen noch empfindlicher als gegen Niederschlagsmangel. Die Er-

¹ ARC Seibersdorf research, Abt. Umweltforschung, A-2444 Seibersdorf, Austria.

² Universität f. Bodenkultur, Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Str. 82, A-1190 Wien, Austria.

³ Universität f. Bodenkultur, IVFL, Peter Jordan-Str. 82, A-1190 Wien, Austria.

tragseinbußen durch hohe Temperaturen haben demnach im Laufe der letzten 130 Jahre allmählich zugenommen und waren insbesondere in den letzten 15 Jahren deutlich geworden, während die Ertragseinbußen durch Niederschlagsmangel in etwa gleich geblieben war. Bei der Entwicklung multipler linearer Regressions- und neuronaler Netzwerkmodelle wurden das Potenzial und die Limitierung von Modellen, welche nur auf meteorologischen Daten beruhten, evident. Mit dem Potential agrarmeteorologischer Modelle könnten diese Limitierungen überwunden werden, was die Untersuchungen auf Feldebene belegen. Hier zeigte sich die hohe Variabilität an Trockenstressbedingungen die durch die Bodeneigenschaften verursacht wird. Agrarmeteorologische Trockenheitsindizes und Fernerkundungsindizes zeigten einen guten Zusammenhang zu den Ertragsreduktionen im Jahr 2003, wobei die jeweilige Abstimmung auf die phänologischen Phasen der Kulturpflanzen eine wichtige Rolle spielt. Auch einige meteorologische Indizes zeigten sehr gute Ergebnisse, die Robustheit dieser Methoden sollte jedoch anhand mehrerer Jahre überprüft werden. Eine Kombination von Methoden könnte die feldbezogene Aussagekraft als auch die Zuordnung der Ursachen von Ertragseinbußen (wie die Trennung von Trocken- und Hitzestress) noch wesentlich verbessern.

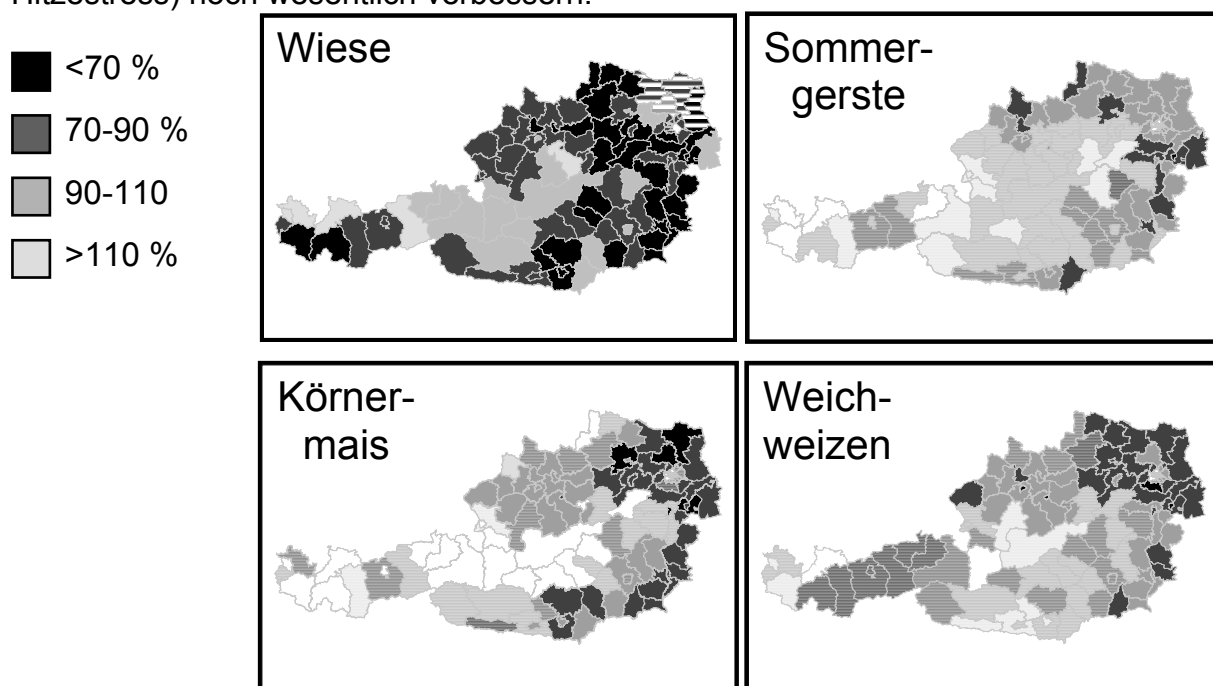


Abb. 1: Erträge von Grünland (Wiesen), Sommergerste, Körnermais und Weichweizen in den politischen Bezirken Österreichs im Trockenjahr 2003 in Prozent der Erträge 1997 bis 2002. Hellgrau: Erträge 2003 über dem Durchschnitt 1997-2002, mittelgrau, dunkelgrau, schwarz: Erträge 2003 durchschnittlich, unterdurchschnittlich, deutlich unterdurchschnittlich 1997-2002. Schraffierungen weisen auf eine Wiesen- bzw. Getreidefläche < 1% der Bezirksfläche hin.

Literatur

Soja, G., Soja, A.-M., Eitzinger, J., Gruszczynski, G., Trnka, M., Kubu, G., Formayer, H., Schneider, W., Suppan, F., Koukal, T. (2005): Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden. Endbericht von StartClim2004.C in Kromp-Kolb, H. Schwarzl, I. (eds.) StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht, Auftraggeber: BMLUW, BMBWK, BMWA, Öst. Hagelversicherung, Öst. Nationalbank, Umweltbundesamt, Verbund AHP.

Pflanzenbau auf ertragsschwachen Standorten

Detloff Köppen*

Einleitung

Im Zusammenhang mit 4-jährigen Forschungsarbeiten (2000-2004) zu den Wechselwirkungen zwischen Pflanzenbau und Biozönose auf ertragsschwachen Standorten und der Fragestellung, ob Pflanzenbau unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen auf diesen Standorten möglich und nötig ist (Hampicke et al. 2005), wurde auch die Abgrenzung und Beurteilung „ertragsschwacher Standorte“ für den Pflanzenbau methodisch untersucht.

„Ertragsschwache Standorte“ können nach agrarpolitischen, ökonomischen und naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten abgegrenzt werden. Selbst bei gleicher Bodenqualität sind sie nicht in allen Jahren und Regionen gleichermaßen ertragsschwach. Es gilt deshalb, nach objektiven Kriterien für ihre Abgrenzung zu suchen.

Material und Methoden

Es wurden drei naturwissenschaftliche Ansätze betrachtet:

- der Ackerschätzrahmen, auf dessen Grundlage Mitte der 1930er Jahre flächendeckend in Deutschland eine Bodenschätzung durchgeführt wurde,
- die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK), die flächendeckend für die ostdeutschen Bundesländer seit den 1980er Jahren vorliegt,
- die Bodenarteneinteilung nach Korngrößenklassen, die in allen Bundesländern für die Beurteilung von Bodenfruchtbarkeitskennziffern (Köppen 2004) genutzt wird.

Die pflanzenbaulichen Aspekte wurden in zwei Fruchtfolgen und auf mehreren Einzelschlägen in Produktionsexperimenten und Parzellenversuchen geprüft (Hampicke et al. 2005).

Ergebnisse und Diskussion

Wird als Grenze für ertragsschwache Standorte nach dem Ackerschätzrahmen eine Bodenzahl von 22 vorgegeben, fallen im Wesentlichen auf Sand drei, auf anlehmigem Sand zwei und fällt auf lehmigem Sand eine Zustandsstufe in diese Kategorie (Tab.1). Für Abweichungen von den normalen Bedingungen (600 mm a⁻¹ Niederschlag, 8 °C Jahresdurchschnittstemperatur, ebenes Relief, durchschnittliche Verkehrsverhältnisse) wurden Zu- und Abschläge von der Bodenzahl vergeben.

Tab. 1: Ermittlung der Bodenzahl aus dem Ackerschätzrahmen

Bodenart	Zustandsstufe 5	Zustandsstufe 6	Zustandsstufe 7
Sand (S)	20-16	15-12	11-7
anlehmiger Sand (SI)	27-22	21-17	16-11
lehmiger Sand (IS)	36-30	29-33	22-16

Im Ergebnis der Zu- und Abschläge ergab sich die Ackerzahl, die für ertragsschwache Standorte aber nicht ausreichend differenzierend wirkt.

Bei der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung kann die Standorteignung für Wintergerste als Grenze für „ertragsschwache Standorte“

* Prof. Dr. Detloff Köppen, Professur Acker- und Pflanzenbau, 18051 Rostock.
E-Mail: detloff.koepen@uni-rostock.de

angenommen werden. Damit sind die Standortregionaltypen D1a1-3, D2b1-6 und D2a1 in diese Kategorie einzustufen. D1 kennzeichnet die armen und D2 die besseren Sande diluvialer Entstehung der ebenen bis kuppigen Platten, die sickerwasser- (a) oder staunässebestimmt (b) sein können. In der letzten Ziffer des Standortregionaltyps sind weitere Informationen zur Ausprägung der Sande verschlüsselt. Diese sehr fundierte Klassifizierung liegt derzeit nicht flächendeckend für Deutschland vor.

Eine weitere Möglichkeit, ertragsschwache Standorte abzugrenzen, ergibt sich aus der Korngrößenanalyse oder Textur. Die Korngrößenklassen sind im Boden relativ stabil und gut quantifizierbar. Die einzelnen Fraktionen sind agrotechnisch kaum beeinflussbar, besitzen aber eine entscheidende Wirkung auf die Ausprägung und Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und die Ertragsfähigkeit des Standortes (Köppen 2004). Mit der Zuordnung der Bodenarten nach dem Ton- oder Feinanteil zu Bodenartengruppen wurde ein praktikabler Kompromiss zwischen den unterschiedlichen methodischen Ansätzen und regionalen Anforderungen ausgewählt.

Als ertragsschwach sollten deshalb alle Böden eingestuft werden, die in der Ackerkrume (0-30 cm) einen Tonanteil von bis zu 5 % oder einen Feinanteil von bis zu 7 % aufweisen. Die Berücksichtigung standörtlicher Besonderheiten wie bei der Ackerzahl, insbesondere des Wasserfaktors ist unbedingt erforderlich.

Ertragsschwache Standorte weisen als Folge der genannten Eigenschaften aus pflanzenbaulicher Sicht meistens eine geringe Feldkapazität und damit ein geringes Wasserspeichervermögen, einen geringen Bodenkolloidgehalt und damit ein geringes Nährstoffspeichervermögen, einen geringen Humusgehalt und damit Defekte in der Bodenfruchtbarkeit, eine schlechte Bodenstruktur und damit Schadverdichtungen sowie eine geringe Bodentiefe (Ackerkrume) auf. Diese Defekte können durch die Vorteile der Sandböden, wie schnelle Erwärmung, leichte Bearbeitbarkeit und gute Durchlüftung, nicht aufgewogen werden.

Für den umweltgerechten Anbau auf sandigen Standorten sind die Fruchtarten Kartoffel, Winterroggen, Wintertriticale, Lupinen, Wicken, Serradella, Leindotter und Buchweizen besonders geeignet. Neben der Auswahl der an die leichten Böden angepassten Kulturpflanzen und Sorten ist auch die Bestandesführung differenziert zu gestalten. Durch eine optimale Bestellung (Termin, Verfahren) und Bestandesdichte ist besonders den Wasserverhältnissen Rechnung zu tragen.

Zusammenfassend konnte herausgearbeitet werden, dass die extensive Landnutzung mit Fruchtfolgen für die Entwicklung einer artenreichen Biozönose, des Erholungswertes der Landschaft und der Grundwasserneubildung im Vergleich zur Flächenstilllegung und der Aufforstung die bessere Alternative darstellt.

Literatur

- Hampicke, U., Litterski, B., Wichtmann, W. 2005: Ackerlandschaften- Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 311 S.
Köppen, D. (Hrsg.) 2004: Bodenfruchtbarkeit im Agroökosystem. Verlag Dr. Kovač Hamburg, 854 S.

Einfluss von Durchwurzelungsparametern von Zwischenfrucht- begrünungen auf die Infiltration im nahgesättigten Bereich

G. Bodner*, W. Loiskandl** & H.-P. Kaul*

Einleitung

Die Bewertung des Zwischenfruchteinflusses auf die Bodenwasserbilanz ist entscheidend für ein Zwischenfruchtmanagement, das die Sicherung der ökologischen Funktionen der Begrünung mit der Vermeidung einer übermäßigen Ausschöpfung des Bodenwasservorrats zuungunsten der Nachfrucht verbindet. Bisherige Untersuchungen konnten Zwischenfruchteinflüsse auf die gesättigte Leitfähigkeit sowie die Wasserspeicherkapazität des Bodens nachweisen (Joyce et al. 2002).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, im Rahmen einer vergleichenden Untersuchung der Bodenwasserdynamik unter verschiedenen Zwischenfrüchten und Schwarzbrache, den Einfluss der Durchwurzelungseigenschaften von Begrünungspflanzen auf die nahgesättigte Leitfähigkeit des Bodens zu untersuchen.

Material und Methoden

Im August 2004 wurde ein Feldversuch als randomisierte Blockanlage an der Landwirtschaftlichen Fachschule Hollabrunn, Niederösterreich, etabliert. Klimatisch zählt Hollabrunn zum pannonischen Raum mit relativ hohen Jahresmitteltemperaturen (9.4°C) und geringen mittleren Niederschlägen (491 mm). Der Bodentyp der Versuchsflächen ist ein kalkhaltiges Tschernosemkolluvium mit einem pH von 7.6, einem Humusgehalt von 1.8 % und hoher Wasserspeicherkapazität. Aufgrund der Hanglage liegt ein Texturgradient mit höherem Tonanteil zum Unterhang hin vor.

Als Versuchsfaktoren wurden am 20. August nach einheitlicher Vorfrucht Sommergerste und Pflugbearbeitung vier Zwischenfrüchte sowie eine Schwarzbracheparzelle in dreifacher Wiederholung angelegt. Als Zwischenfrüchte wurden die winterharten Varianten Winterwicke und Grünroggen sowie die abfrostdenden Begrünungen Senf und Phacelia in Reinsaat verwendet.

Zur Bestimmung der Durchwurzelungscharakteristika der Zwischenfrüchte wurden am 3. November Wurzelproben aus dem Oberboden bis 40 cm Bodentiefe gezogen und nach der in Himmelbauer et al. (2004) beschriebenen Methode mittels der Software RhizoScan auf Wurzellängendichte und Wurzeldurchmesser untersucht. Durch einen Scannerdefekt konnten die Daten von Senf und Phacelia bisher nicht vollständig ausgewertet werden.

An zwei Terminen (Anfang Januar, Anfang März) wurden mittels Tensionsinfiltrometer die stetigen Infiltrationsraten bei drei Wasserspannungsstufen (2, 8 und 15 cm Wassersäule) gemessen und nach dem in Wooding (1968) beschriebenen Verfahren die hydraulische Leitfähigkeitsfunktion von Gardner errechnet.

Die statistische Bewertung des Zwischenfruchteinflusses auf die hydraulische Leitfähigkeit erfolgte über Varianzanalyse, Zusammenhänge zwischen Wurzellängendichte sowie Wurzeldurchmesser und nahgesättigter Leitfähigkeit wurden mittels Regressionsanalyse im Programm SAS geprüft.

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

** Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Phacelia und Grünroggen wiesen in der Schicht unter 10 cm Bodentiefe die höchsten Wurzellängendichten auf. Im Oberboden erreichten die feinen Büschelwurzeln des Grünroggens eine deutlich höhere Wurzellängendichte als Winterwicke. Winterwicke zeigte dagegen den deutlich höchsten mittleren Wurzelradius, besonders in den Schichten von 10-40 cm. (Abb.1)

Phacelia und Grünroggen wiesen an beiden Messterminen die geringsten Werte der hydraulischen Leitfähigkeit auf. Die Brachevariante lag beim Messtermin Januar im Mittel leicht über den Begrünungen, während im März Senf und Winterwicke eine geringfügig höhere Leitfähigkeit aufwiesen. (Abb. 2) Die statistische Absicherung der Unterschiede in der Leitfähigkeit zwischen den einzelnen Varianten war jedoch nicht möglich. Die natürliche Bodenheterogenität als auch der Einfluss des hangbedingten Bodengradienten überdeckten bei der vorliegenden Zahl an Wiederholungen den Faktoreinfluss.

Die Regressionsanalyse zeigte einen negativen Einfluss des Faktors Wurzellängendichte auf die gesättigte Leitfähigkeit ($r^2=0.91$) sowie die Leitfähigkeit bei 2 cm Wassersäule ($r^2=0.84$). Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen Untersuchungen, die eine höhere Lagerungsdichte und geringere Leitfähigkeit in der Wurzelumgebung fanden und dies auf wasserspannungsbedingte Verdichtungen sowie das Einwachsen von Wurzeln in Poren zurückführten. Der Wurzelradius dagegen wies einen signifikant positiven Einfluss ($r^2=0.88$) auf die Leitfähigkeit bei einer Wasserspannung von 15 cm Wassersäule auf.

Weitere Untersuchungen sollen einen möglichen Zusammenhang zwischen Porengrößenverteilung und Wurzelradius sowie die zeitliche Dynamik der hydraulischen Leitfähigkeit in Zusammenhang mit dem Abbau der Zwischenfruchtwurzeln und der möglichen Bildung stabiler Bioporen klären.

Literatur

Joyce, B.A., W.W. Wallender, J.P. Mitchell, L.M. Huyck, S.R. Temple, P.N. Brostrom and T.C. Hsiao 2002: Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. Trans. ASAE 45: 315-326.

Himmelbauer M., W. Loiskandl and F. Kastanek 2004: Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different image analysis systems. Plant Soil 260: 111-120.

Wooding, R.A. 1968: Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resour. Res. 4: 1259-1273.

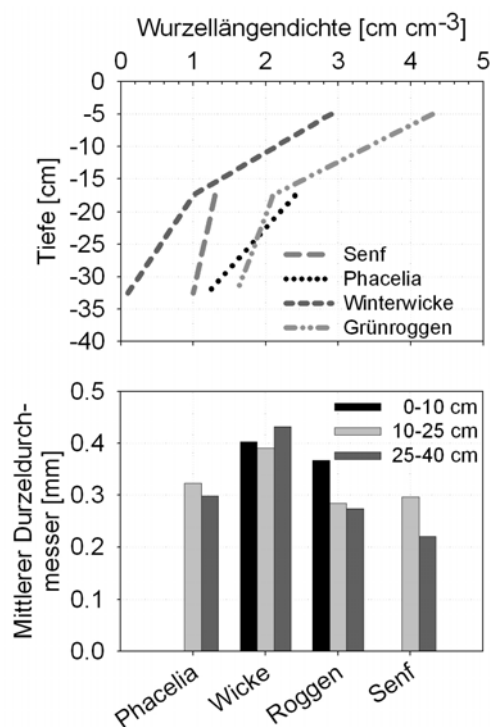


Abb. 1: Wurzelparameter der Zwischenfrüchte

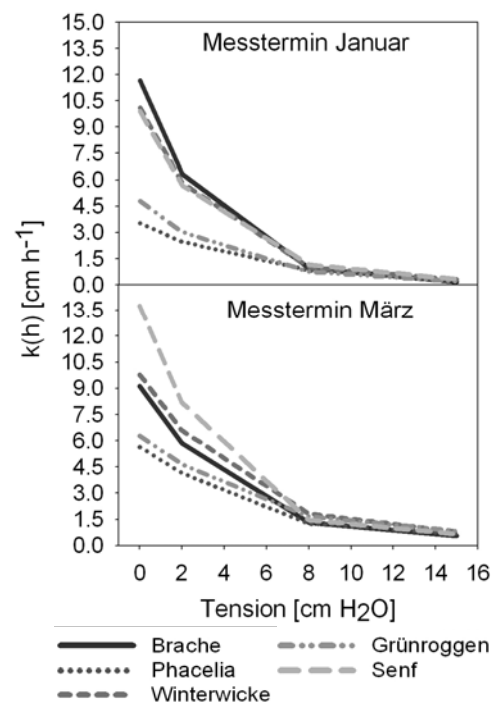


Abb. 2: Hydraulische Leitfähigkeit unter Zwischenfrüchten

Support of winter rapeseed and poppy emergence during drought

Jan Vašák, David Bečka & Pavel Cihlář*

Introduction

Seeds of rapeseed require (compared to cereals grain) very small amount of water for germination, but they are demanding in air. So we sow them shallow (1-2 cm) and they germinate mostly from dew and rainfall. On the contrary cereals germinate well from depths of 3-8 cm, they are less demanding in air, but require plenty of water usually from soil capillarity (VAŠÁK a kol., 2000). The clods after drying (after 1-2 days after ploughing) cold down during the night. Thus they reached the temperature of the dew–point and condensated the dew-water.

Main problem with spring poppy is a low stress resistance at the beginning of growth. This is caused by small size of seeds and by poppy sowing in early spring, when there are often dry frosts or soil crust is formed.

Material and methods

Exact experiments concerning winter rapeseed variety Navajo in 1999/00, 2000/01 and 2001/02 are presented in this contribution. Experimental locality: Research Station of the Czech University of Agriculture - Červený Újezd, 405 m above sea level, deep soils with a tendency for clods creation. Mean annual temperature 7.7 °C, precipitations 493 mm, 16.6 °C and 64 mm in August. Growing period 1999/00: 9.1 °C and 496 mm, in August dry and warm weather, clods; 2000/01: 8.8 °C and 523 mm, in August dry and warm weather, clods; 2001/02: 8.2 °C and 630 mm, in August soil wetting. Four replicates, plots 3.1x10 m. Previous crop: 1999 spring barley, 2000 and 2001 winter wheat. Variants and data in table 1.

Tab. 1: Survey of experiment variants and time periods.

Operation / variant	1	2	3	4	5	6	7	Term		
								1999	2000	2001
Stubble ploughing ¹ after cutting ²	X	X	X	X				12.8.	15.8.	30.8.
Seed ploughing ³			X	X	X			18.8.	21.8.	30.8.
Fresh ⁴ stubble ploughing ¹		X						31.8.	4.9.	4.9.
Fresh ⁴ ploughing ⁵						X	X	31.8.	4.9.	4.9.
Rapeseed sowing ⁶	X	X	X	X	X	X	X	1.9.	5.9.	6.9.
Graminicide				X			X	24.9.	4.10.	11.10.

¹Stubble ploughing: disk harrowing, 8-10 cm, ²“after cutting” – the operation was finished immediately after the harvest and straw collection, ³“seed ploughing” – ploughing around 2 weeks before sowing, ⁴“fresh” – the operation was made closely before sowing (1 day), ⁵ploughing: 18-20 cm of depth, ⁶Sowing: Oyord sowing machine, depth of 2 cm, Sowing rate: 70 seeds.

Experiment with spring blueseed poppy, variant Opal (morphine content approx. 0.4%). Basic variants were use of seed from spring and winter sowing and seed calibration (Table 3).

Results and discussion

Variants with stubble ploughing and without ploughing (1, 2) showed the lowest numbers, rapeseed biomass and vice versa, the highest parameters in barley (Table 2).

* Czech University of Agriculture in Prague, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchdol, Czech Republic, e-mail: va-sak@af.czu.cz, becka@af.czu.cz

Variant 2 (stubble ploughing after cutting and fresh stubble ploughing) was the most successful one. Variants with ploughing (3, 4, 5, 6, 7) showed the highest numbers in rapeseed plant biomass and converse in barley, namely in the case of fresh ploughed variants (6, 7). Generally the most successful appeared to be the variant with ploughing with graminicide application (7). Variant 6, fresh ploughing without graminicide, was very close to the previous variants.

The seed yields of oilseed rape correspond to the numbers and biomass of plants which are in a negative correlation with the plant biomass of wasted grain. Therefore there are unsuccessful variants without ploughing. The best was the variant with fresh ploughing + graminicide (7). Variant without graminicides with fresh ploughing (6) was the second in seed yields and evidently overcame variant (3) with traditional preparation, with the seed ploughing about two weeks before rapeseed sowing.

Tab. 2: Results from the three years precise experiment with methods of soil preparation for winter rape seed sowing.

No.	Variant	Rapeseed plants per m ²	Rapeseed biomass (%)	Barley biomass (%)	Yield of rapeseed (%)
1	Stubble ploughing after cutting	29	73	252	46
2	Stubble ploughing after cutting, fresh stubble ploughing	45	69	197	73
3	Stubble ploughing after cutting, seed ploughing	45	100*	100*	100*
4	Stubble ploughing after cutting, seed ploughing, graminicide	49	144	5	108
5	Seed ploughing	46	66	51	92
6	Fresh ploughing	52	184	121	111
7	Fresh ploughing, graminicide	50	264	10	153

* 100 % = variant 3 (rapeseed biomass 367g/m², barley biomass 184 g/m², yield of rapeseed 2,7 t/ha)

In poppy seed (Table 3), it is more preferable to use calibrated seed, or even calibrated and reproduced from autumn sowing, when spring poppy seed is usually able to winter. Thus acquired and treated seed has significantly better emergence rate and provides higher seeds yield.

Tab. 3: Influence of reproduction method and seed calibration of spring poppy Opal. Precise experiment, Červený Újezd, 2003.

Seed and its preparation	Laboratory emergence rate (%)	Seeds yield (%)
Autumn reproduction, heavier fractions, calibration above 1,1 mm	79	120
Spring reproduction, heavier fractions, calibration above 1,0 mm	59	118
Control - spring reproduction, without treatment	55	100*

* 100 % = 1,157 t/ha of seeds

References

Vašák J. a kol., 2000. Řepka. Agrospoj Praha, 321 p.

Schätzung von Atmungsverlusten bei Energiemais in Abhängigkeit von der Temperatur

Ute Menge-Hartmann*

Einleitung

Nach bisherigen Untersuchungen eignen sich für eine maximale Biogaserzeugung späte Silomaisorten besser als frühe, da spätreife Sorten ihr Biomassebildungsvermögen besser ausnutzen können als frühreife Sorten.

Um das Verhalten solcher sog. Energiemais-Sorten unter norddeutschen Klimabedingungen zu prüfen, werden spätreife Sorten vergleichend mit der adaptierten Sorte Gavott (S 250) angebaut. Neben Teilaspekten wie Wasserbedarf und Energieertrag wird im vorliegenden Beitrag untersucht, ob höhere Atmungsverluste in wärmeren Phasen gegen Ende der Vegetationsperiode das Leistungsvermögen der späten Hybriden beeinträchtigen könnten.

Material und Methoden

Die KWS-Maissorten Gavott (S 250), Mikado (S 500) und Doge (S 700) wurden 2004 in Braunschweig-Völkenrode in einer Spaltanlage mit vier Wiederholungen mit und ohne Tropfbewässerung angebaut. Die Respirationsuntersuchungen erfolgten jeweils an einer bewässerten und einer unbewässerten Variante zu fünf Terminen ab dem 22. September in ein- bzw. zweiwöchigem Abstand. Die nächtlichen Atmungsverluste von repräsentativen Blättern, der Kolbenblätter und des zweiten Blattes oberhalb des Kolbennodiums (K+2), wurden in jeweils dreifacher Wiederholung pro Blattposition anhand der Gewichtsabnahme von Blattscheibenproben geschätzt (Quinn, 1981). Hierzu wurden zehn Paare von Blattscheiben pro Blatt in der Abenddämmerung ausgestanzt, eine Scheibe jeden Paares direkt ofengetrocknet, die andere über Nacht in einer wassergesättigten Schaumstoffplatte neben den Pflanzen im Bestand gelagert, zur Morgendämmerung entnommen und getrocknet. Die Kohlenhydrat- und N-Gehalte der Abenddämmerungs-Restblätter wurden neben Sonneneinstrahlung und Minimum-Temperaturen in Relation zu den nächtlichen Atmungsverlusten gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Bis zur Ernte Mitte Oktober (13.10.) lag die Globalstrahlung zu den ersten drei Ernteterminen zwischen 760 und 960, zu den folgenden beiden Ernten jedoch nur bei etwa 300 J cm^{-2} . Die Minimum-Temperaturen betragen zu den beiden ersten Ernten etwa $10 \text{ }^\circ\text{C}$, nahmen zu den folgenden Ernten auf $3,1$ bzw. $3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ab und stiegen zur letzten Ernte (3.11) noch einmal auf $9,6 \text{ }^\circ\text{C}$ an. Es ergaben sich so für die drei letzten Ernten drei verschiedene Konstellationen in der Höhe der Einstrahlung und der Minimum-Temperatur. Zur Vereinfachung der Darstellung werden im folgenden lediglich exemplarisch die Befunde der K+2-Blätter der bewässerten Varianten wiedergegeben. Während die N-Gehalte bei dem bereits abreifenden Gavott sehr niedrig waren und bei Mikado bis zur vierten Ernte kontinuierlich abnahmen, rangierten sie bei Doge auch zur letzten Ernte noch auf hohem Niveau, was auch mit dem Chlorophyllgehalt korrelieren dürfte. Mikado und Doge akkumulierten zur Abenddämmerung während der zweiten bis zur vierten Ernte, bei zu den einzelnen Ernteterminen

* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

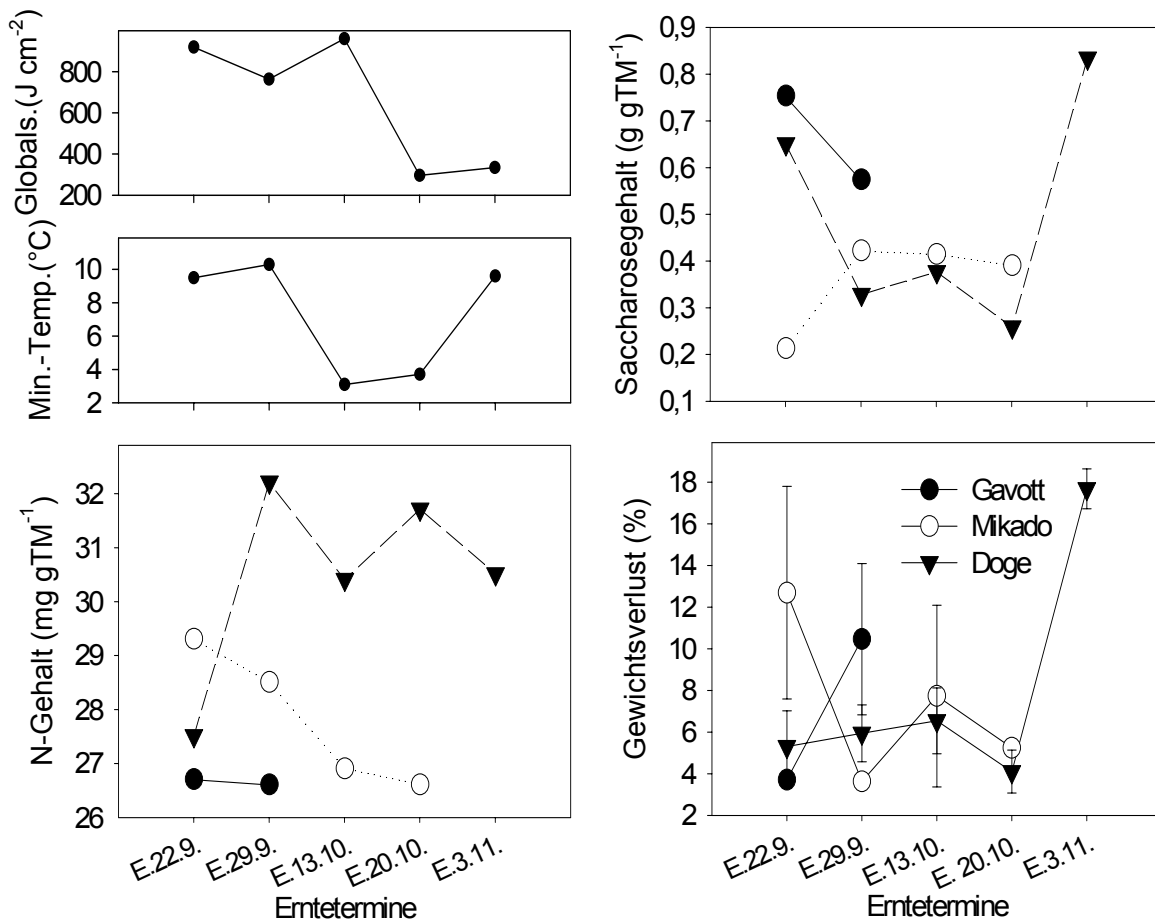


Abb. 1: Globalstrahlung (J cm⁻²) und Minimum-Temperaturen, N- und Saccharosegehalt der K+2-Blätter, sowie prozentualer Gewichtsverlust der Blattscheiben.

unterschiedlicher Einstrahlung und Temperatur, in etwa der gleichen Größenordnung Saccharose. Lediglich zur letzten Ernte stieg der Saccharose- wie auch der Glucose- und Stärkegehalt (nicht dargestellt), bei Doge stark an. Wie die Saccharosegehalte unterschieden sich auch die Gewichtsverluste durch Veratmung zur zweiten bis vierten Ernte zwischen Mikado und Doge nur geringfügig und rangierten bei unterschiedlichen Minimumtemperaturen und N-Gehalten etwa zwischen etwa 4 und 7 %. Zur letzten Ernte nahm der Respirationsverlust bei Doge jedoch bei hohem Kohlenhydrat- und N-Gehalt und höherer Minimumtemperatur auf etwa 18 % zu. Die Gewichtsveränderungen der Blattscheiben einzelner ausgewählter Blätter einer Pflanze können nur zur Schätzung der Blattatmung dienen und mögen auch kein ausreichender Indikator der Ganzpflanzen-Respiration sein. Es scheint jedoch, dass die Temperatureffekte auf die Atmung in der Regel klein waren. Im Mittel aller untersuchten Varianten und Blätter lag sie bei etwa 5 %.

Literatur

Quin, F.M. 1981: Night respiration of maize crops in the lowland humid tropics. *J. Applied Ecology* 18, 497-506.

Kornqualität von Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus*) in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte

D. M. Gimplinger¹, R. Schönlechner² & H.-P. Kaul¹

Einleitung

Amaranth gilt wegen seiner hohen Gehalte an essentiellen Aminosäuren, ungesättigten Fettsäuren und Mineralstoffen als viel versprechende Körnerfruchtart für eine ausgewogene Ernährung. Darüber hinaus stellt Amaranthkorn aufgrund weitgehender Gliadinfreiheit eine alternative Kohlenhydratquelle für Personen dar, die an Getreideunverträglichkeit leiden. Um hochwertige Rohstoffe aus heimischer Produktion zu liefern, ist es wichtig, hohe Qualität sicherzustellen. Die Kornzusammensetzung sowie technologische Korneigenschaften scheinen hauptsächlich vom Genotyp abhängig zu sein. Ob produktionstechnische Maßnahmen Qualitätsparameter beeinflussen, ist bisher allerdings kaum erfasst. Es ist anzunehmen, dass Aufwuchs- sowie Abreifebedingungen in unterschiedlich dichten Beständen einen Einfluss auf Qualitätsparameter wie Kornsortierung, hygienische Qualität und Inhaltsstoffe nehmen (Aufhammer et al., 1999). Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluss von Genotypen sowie von Bestandesdichten auf Qualitätsparameter zu prüfen.

Material und Methoden

2002 und 2003 wurde in Groß-Enzersdorf ein Feldversuch mit drei an den Standort in Ostösterreich angepassten Genotypen (Gimplinger et al., 2005) und fünf Bestandesdichten durchgeführt. Die angestrebten Dichten wurden 2002 annähernd erreicht. 2003 konnten nur die niedrigen Dichten etabliert werden (Tab. 1). Das Tausendkorngewicht, die aerobe Gesamtkeimzahl (Plattengussverfahren) sowie die Kornzusammensetzung wurden untersucht. Anhand von Standardmethoden wurden die Gehalte an Rohprotein (Elementar-N x 6,25), Rohfett (Soxhlet), Rohfaser (Fibercap) und Asche (Muffelofen, 900 °C) bestimmt. Der Kohlehydratgehalt wurde als Differenz zur Gesamttrockenmasse errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Das Korngut der Zuchtstämme war unterschiedlich stark mit Keimen belastet (Tab. 1.). Ursachen dafür könnten im Blütenbau bzw. im Abreifeverhalten der Blütenstände liegen. Die unterschiedliche Keimbelastung in den beiden Versuchsjahren ist vermutlich auf die Lagerbedingungen zurückzuführen. Tausendkorngewicht sowie Kornzusammensetzung von Körneramaranth sind wie erwartet stark genetisch determiniert. Das deutlich höchste Tausendkorngewicht erreichte der Zuchtstamm „Neuer Typ“ (Tab. 1.). Der „Mittlerer Typ“ zeichnete sich durch besonders hohe Proteingehalte aus, „Amar“ durch hohe Fettgehalte. Die höheren Kornerträge im Jahr 2003 (Gimplinger et al., 2005) waren mit niedrigeren Protein- und Fettgehalten verbunden.

¹ Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² Universität für Bodenkultur, Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie, Muthgasse 18, A-1190 Wien

Tab. 1: Kornqualität in Abhängigkeit vom Genotyp

Jahr	Sorte	aerobe Keimzahl (x 10 ⁶ /g)	TKG (g)	Kohlehydrate (%)	Rohprotein (%)	Rohfett (%)
2002	Neuer Typ	11,0 b [§]	0,96 a*	70,9 a	15,8 b	6,2 c
	Mittlerer Typ	5,4 b	0,63 b	66,3 b	18,6 a	7,3 b
	Amar	101,2 a	0,66 b	68,3 b	16,4 b	8,6 a
2003	Neuer Typ	2,0 b	1,04 a	72,7 a	15,2 c	5,4 c
	Mittlerer Typ	0,2 c	0,55 b	68,7 c	17,6 a	6,6 b
	Amar	20,1 a	0,67 b	70,6 b	15,8 b	7,4 a

* Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht (SNK, $\alpha = 0,05$)

§ SNK mit log-transformierten Daten

Tab. 2: Kornqualität in Abhängigkeit von der Bestandesdichte

Jahr	Dichte (Pflanzen/m ²)		aerobe Keimzahl (x 10 ⁶ /g)	TKG (g)	Kohlehydrate (%)	Rohprotein (%)	Rohfett (%)
	erstrebt	erreicht					
2002	8	7	49,5 a [§]	0,76 a*	68,5 a	17,0 a	7,2 a
	17	14	66,9 a	0,75 a	68,7 a	16,9 a	7,4 a
	35	32	18,8 a	0,76 a	68,7 a	16,8 a	7,4 a
	70	57	32,0 a	0,75 a	68,0 a	17,5 a	7,5 a
	140	113	28,9 a	0,72 a	68,5 a	16,5 a	7,3 a
2003	8	10	9,8 a	0,76 a	70,6 a	16,3 a	6,5 a
	17	18	7,7 a	0,76 a	70,7 a	16,2 a	6,5 a
	35	36	4,7 a	0,74 a	70,8 a	16,1 a	6,5 a

* Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht (SNK, $\alpha = 0,05$)

§ SNK mit log-transformierten Daten

Durch die Variation der Pflanzendichte wurden unterschiedliche Bestandesstrukturen geschaffen. Steigende Dichten führten zu weniger Verzweigungen pro Pflanze und zu kürzeren, gleichmäßiger abreifenden Infloreszenzen (Daten nicht gezeigt). Dennoch ließ sich kein Einfluss auf die Belastung des Korngutes mit Keimen feststellen (Tab. 2). Auch das Tausendkorngewicht wurde nicht beeinflusst. Eine bessere Belichtung der Einzelpflanzen bei niedriger Bestandesdichte kann bei anderen Kulturarten (Andrade et al., 1996) — je nach Art in unterschiedlichem Ausmaß — zu einer vermehrten Stickstoffverlagerung in die Körner führen. Unterschiedliche Dichten bei Körneramarant hatten jedoch auch keine Auswirkung auf die Gehalte der Körner an Stickstoff bzw. Rohprotein, an Kohlenhydraten, Rohfett (Tab. 2), Rohfaser und Asche (Daten nicht gezeigt).

Literatur

- Andrade, F.H. und M.A. Ferreiro, 1996: Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. *Field Crops Research* 48:155-165.
- Aufhammer, W.; E. Kübler und J.H. Lee 1999: Äußere und innere Kornqualität der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in Abhängigkeit vom Anbauverfahren. *Die Bodenkultur* 50:11-24.
- Gimplinger, D. M.; G. Dobos; G. Schulte auf'm Erley und H.-P. Kaul 2005: Ertragsbildung bei Körneramarant in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 17 (dieser Band).

Die Lebensmittelnutzung des Amaranthes

Jiri Peterka, Jana Kalinova, Jan Barta & Jan Moudry*

Einleitung

In den letzten Jahren konzentriert sich die Aufmerksamkeit auf die Fragen der menschlichen Gesundheit, auf die Fragen, die mit Nahrungsquellen zusammenhängen, vor allem auf deren Qualität, und auf die Fragen, die die zu erwartenden klimatischen Veränderungen angehen. Es werden neue Technologien für die Pflanzung von traditionellen Früchten gesucht, gleichzeitig wird auch nach den Möglichkeiten der Pflanzung von neuen alternativen Früchten gesucht. Eine solche der Möglichkeiten stellen neue Kulturarten der Gattung *Amaranthus*. Die Popularität des Amaranthes hängt vor allem mit seinem außergewöhnlichen Nährwert. Die Amaranthensamen enthalten 17-18% Eiweiß, der mit seinem Wert dem von FAO/WHO empfundenen Idealprotein nähert. Im Vergleich mit anderen Getreidearten stellt Amaranth ein ballaststoffreiches Nahrungsmittel dar und wird für seine vielfältigen Heilwirkungen und Fett sehr empfohlen. Der Fettgehalt bei Amaranth liegt bei 0,8-8%, was außer Hafer und Hirse viel mehr als in Getreidesamen ist (Moudry und Vavrejinova, 1998).

Material und Methoden

Feldversuche mit 7 Sorten von Fuchsschwanz (*A. cruentus* – A 200 D, Amar, Olpir, *A. hybrid* – K 432, K 433, Dakota, *A. hypochondriacus* – No 1008, Koniz) sind in den Jahren 1997-2000 auf den Grundstücken in České Budějovice (385-389 Seehöhe, durchschnittliche Jahrestemperatur 8,2°C, durchschnittliche Niederschlagsmenge 570 mm, sandiger-lehmige Braunerde). Die Versuche wurden in 4 Wiederholungen auf den Grundstücken von 10 m² nach der Getreidevorfrucht in der ersten Maiwoche durch Säemaschine für Kleinparzellen gegründet. Der Aussaat von Saatgut lag bei 2 kg. Ha⁻¹ und die Entfernung von Schwaden war 25 cm. Die Bestände wurden dann in der Phase der Vollreife deren Samen (13-25.9) mit der Drechmaschine geerntet. Der Inhalt an Stickstoff wurde mit der Methode von Kjeldahl berechnet (Berechnungskoeffizient 6,25), der Fettgehalt dann durch die Soxhletmethode mit der Hilfe von Petroether, der Ballaststoffgehalt durch die Scharrer-Kürschner-Methode und die Mineralstoffe durch die Feststellung von Aschegewicht.

Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Inhalt von grobem Eiweiß in Amaranthensamen betrug 18,52%. Einen ähnlichen Inhalt gibt auch Grajeta (1997) an. Von den einzelnen Amarantharten wurde der höchste Inhalt an grobem Eiweiß bei der Art *A. hypochondriacus* festgestellt. Moudry und Kalač (2000) geben einen höheren Inhalt an grobem Eiweiß bei *A. hypochondriacus* verglichen mit *A. cruentus* und *A. caudatus*. Auf Grund unserer Ergebnisse ist der höhere Inhalt von grobem Eiweiß bei *A. hypochondriacus* (19,1%) als bei *A. cruentus* (18,37%) zu bestätigen. Der niedrigste Inhalt dagegen wurde bei *A. hybrid* (16,59%) festgestellt. Gleichzeitig haben wir auch eine große Variabilität im Inhalt von grobem Eiweiß auch innerhalb von Arten, unter den verfolgten Genotypen erfahren. Der niedrigste Inhalt an grobem Eiweiß wurde bei dem Genotypen Dakota (14,27%) der höchste dagegen bei der Sorte Koniz (20,74%) festgestellt. Der Inhalt von grobem Eiweiß wird beträchtlich auch von dem Wetter beeinflusst – der niedrigs-

* Landwirtschaftliche Fakultät, Sudböhmisches Universitätsinstitut in Ceske Budejovice

te Inhalt von grobem Eiweiß wurde im Jahre 1997 festgestellt, das sehr niederschlagsreich war.

Der durchschnittliche Fettinhalt in Amarantsamen erreichte 7,92%. Grajeta (1997) gibt den Fettinhalt in den Samen von 4,8-10,0% an. Bei einzelnen Sorten sinkt der Fettinhalt in dieser Reihenfolge: *A. cruentus* (8,36%), *A. hypochondriacus* (7,9%), *A. hybrid* (6,79%). Diesselbe Reihenfolge ist auch bei Bressani (1994) zu finden. Unter den verfolgten Genotypen wurde der nachweisliche Unterschied im Fettinhalt festgestellt. Der höchste Fettinhalt (8,82%) wurde bei dem Genotypen A 200 D erfahren. Der Fettinhalt in den Samen wird mehr als (41%) von dem Wetter beeinflusst. In den kühleren und niederschlagsreicheren Jahren (1997) wurde einen niedrigeren Fettinhalt (7,36%) aufgezeichnet als in dem niederschlagsärmeren Jahr (1999), in dem der Fettinhalt der höchste von allen verfolgten Jahren war (8,66%).

Grajete (1997) gibt den Balaststoffinhalt in den Amarantsamen von 2.3-8,1% an, dieser Tatsache entspricht auch der von uns festgestellte Inhaltswert 3,23%. Bressani (1994) gibt einen höheren Balaststoffinhalt bei *A. hypochondriacus* (7,5%) als bei *A. cruentus* (7,0%), was auch unsere Ergebnisse bestätigen – *A. hypochondriacus* (3,6%), *A. cruentus* (3,3%), *A. hybrid* (2,78%). Der festgestellt Balaststoffinhalt in den Samen erreichte bei der Art die niedrigeren Durchschnittswerte. Einen ähnlichen Balaststoffinhalt (3,06%) in den Amarantsamen geben auch Moudrý und Vavreinová (1998) an. Die Menge des Balaststoffes hängt erheblich von der angewendeten Feststellungsmethode ab. Der Balaststoffinhalt wird auch von dem Wetterverlauf in den einzelnen Jahren. Der niedrigste Durchschnittswert vom Balaststoffinhalt (2,55%) wurde im Jahr 1997 erfahren. Unter den verfolgten Genotypen wurde eine bedeutende Variabilität, was den Balaststoffinhalt angeht, festgestellt – den höchsten Inhalt zeigte der Genotyp No 1008 (3,62%) auf.

Der Aschstoffinhalt zeigte die Werte von 3,18 – 5,55%. Der höchste Durchschnittswert von Aschstoffinhalt wurde bei der Sorte *A. hybrid* (4,01%), dagegen der niedrigste bei *A. cruentus* (3,7%) festgestellt. Bei *A. hypochondriacus* (4,01%) wurde ein unterschiedlicher Aschstoffinhalt festgestellt als bei Muchová und Čuková (1997) angegeben ist, d.h. 2,77 – 3,24%. Das lässt sich auch durch unterschiedliche Bedingungen auf den Standorten erklären. Der Wetterverlauf in einzelnen Jahren beeinflusst nachweislich den Mineralstoffinhalt. Der höchste Durchschnittswert von Aschstoffinhalt (4,51%) wurde im Jahre 1999 festgestellt.

Der Beitrag wurde mit der Unterstützung von Forschungsvorhaben MSM 6007665806 bearbeitet.

Literatur

- Bressani, R. 1994: Composition and nutritional properties of amaranth. In : Paredes - López O. (Ed.) : Amaranth - Biology, Chemistry and Technology. CRC Press, Boca Raton.: 185 - 207.
- Grajeta, H. 1997: Wplyw nasion szarlatu (*Amaranthus cruentus*) na gospodarke lipidowa u szezurów doświadczalnych. Bromat. Chem. Toksykol. 30: 25 - 30.
- Kalač, P.; Moudrý, J. 2000: Chemické složení a nutriční hodnota semen amarantu. Czech J. Food Sci. 18 (5): 201 - 206.
- Moudrý, J; Vavreinová, S. 1998: Chemical composition of amaranth seeds. In: Proc. Int. Conf. Cereals for Human Health and Preventive Nutrition, Brno: 226 - 227.
- Muchová, Z; Čuková, L. 1997: Reologické vlastnosti semien 4 kultúrnych druhov láskavca (*Amaranthus sp.*). Biologizácia rastlinnej výroby. Zborník referátov. SPU, Nitra: 109.

Effect of different types of substrates in growth intensity of seedlings at different varieties of pepper

Skender Kaçiu, Shukri Fetahu, Skender Ramadani & Sali Aliu*

Introduction

The pepper is the main vegetable plant cultivated in Kosovo, each year are planted an average of 3000 - 3500 ha or about 15 % of the total surfaces cultivated with vegetables. The dominant form of cultivation of the pepper is in open fields, while in protected environments mainly is cultivated in plastic tunnels.

Different methods of production of the seedlings, micro-climatic conditions, substrates and different varieties have an effect on quality and quantity of the pepper total production. Kanazirska, et al. 1984, stated a high correlation, $r = 0.99$, increasing the different foliar nutrition and substrates. Nicola, S. and Basoccu, L. 1994 showed a direct effect of Nitrogen (N) in height of the seedling. Effect of the substrat on quality of the seedling has been investigated also by Choi, K.Y et. Al 2001, Ilin, 2003 etc.

Material and Methods

The study has been carried out during the year 2003 and 2004, while values for parameters are presented as an average value for two years. The varieties used in this study were: "Kameleon", "D.bela", "Ciklon", while substrates were: Pure peat moss slightly decomposed (SP1), Mixed peat moss with decomposition manure and soil in proportions 50:50 (SP2) and decomposition manure from stable mixed with soil in proportion 50:50.(SP3). The average chemical ingredient of the substrates was: for (SP1): pH 5-6,5. N/350 mg/l, P_2O_5 /450 mg/l and K_2O /300-600 mg/l. for (SP2): pH/7. N/400 mg/l, P_2O_5 /530 mg/l and K_2O /800-1100mg/l. For (SP3): pH / 6,5-7, N/480 mg/l, P_2O_5 /650 mg/l and K_2O /1050mg/l.

The investigated parameters were: Height of seedling (HS), mass of seedling (MS), and mass of the root (MR), at the moment of showing the first bulb of pepper seedling. Experimental design was "split plot", with three repetitions, while the results are analyzed according to math-statistics methods (MMS). During the growth period were applied standard precaution measures.

Results and discussion

a) Height of seedling (HS)

Different treatments included in the study for height of the seedling resulted with average genotypic value $\mu=29.38$ cm.

The interval of variation for (HS) was (34.63cm up to 25.21cm), comparing with maximal value this difference was for +5.25 cm or 17.86% and with minimal value 25.21cm, was – 4.17 cm or 14.19 %. Variability between groups and treatments investigated was characterized with extreme differences $d= 9.42$ cm or 32.05 % , as a such the differences were highly significant for a level $LSD_{0,01}$. The height of seedling is conditioned from the effect of substrate and varieties; it is also affected from interaction between them. Differences for investigated factors were highly significant, while for their interaction differences for the level $LSD_{0,05}$ were significant.

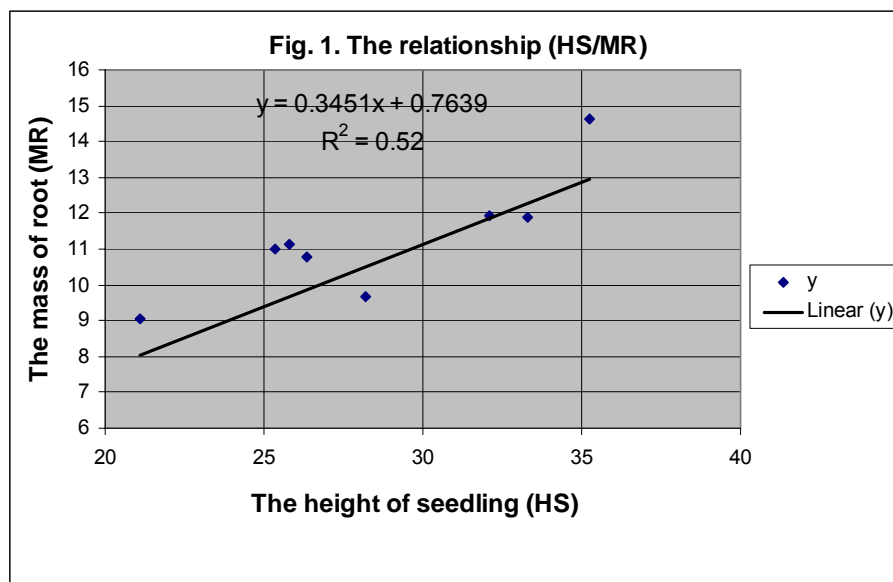
* Faculty of Agriculture, Univesity of Prishtina, Prishtine, 10000 Kosove, UNMIK.

b) The mass of seedling (MS)

This characteristic is conditioned by the genotypic and environmental factors during the growth of the seedling. The average genotypic value for seedling mass was $\mu=11.23\text{g}$ during the first bulb flowering. The extreme values for this parameter were 10.027 up to 12.27g, and compared with μ value, differences were -1. 21g or 10,71% and +1.04g or 9.26 %. The variability between these values was 2.25 cm or 20.03%. Differences of seedling mass within varieties and substrates were highly significant for the level of $\text{LSD}_{0.01}$.

c) The mass of root (MR)

The maximal mass of root was achieved from third treatment with average value of 12.49 g or +1.97g, more than genotypic value $\mu=10.52\text{g}$, but expressed on relative relationships it was 18.72%. Minimal value was shown from the first treatment 9.22g or -13g, lower than experimental value (μ) or 12.35%.The total variability value for mass of the root was 31.07%, showing a high significances for the level of $\text{LSD}_{0.01}$, for varieties and substrats, while for interaction variety x sustrats differences were significant. Coefficient of correlation between (HS/MR) was $r=0,52$.



References

- Nicola, S. and Basoccu, L. 1994. Pretransplant nutritional conditioning affects pepper seedling growth and yield. Acta Hort. (ISHS) 361:519-526.
- Kanazirska, V., Simidchiev, C.h.r. and Rankov, V. 1984. Pepper seedling, a salt sensitive crop. Acta Hort. (ISHS) 145:269-276.
- Choi, K.Y.; Lee, Y.B.; Yoo, S.O.; J.H.; 2001. Development of optimum nutrient solution for sweet pepper substrate culture in closed system. Korean Society for Horticultural Science, Journal, v.42(5):513-518, Ilin,Z, 2002, Tehnologija proizvodnje rasada u zasticenom prostoru, Savrmeni povrtar, n.3/4, p. 10-12

Anbaueignung von Edamame-Sorten im pannonischen Klimaraum (Gemüsesojabohne)

H. Wagentristl¹, H. Vollmann² & H.P. Kaul²

Einleitung

Sojabohnen werden weltweit wegen ihres hohen Nährwertes (20% Öl und 40 % Protein bezogen auf die Trockenmasse) in Nahrungs- und Futtermitteln eingesetzt.

Die Gemüsesojabohne, Edamame, stammt aus der gleichen Species wie die Feldsojabohne, *Glycine max* (L.) Merrill. Die Samen sind wesentlich größer, haben eine feinere Textur, höheren Zuckergehalt und sind daher für den menschlichen Verzehr als Gemüse oder Trockenbohne wesentlich besser geeignet. Auch der oft als störend empfundene typische Bohnengeschmack findet sich bei den Gemüsesojasorten nicht.

Die Bezeichnung der Gemüsesojabohne ist in den einzelnen Kulturkreisen unterschiedlich. In China wird sie als mao dou (“hairy bean”) bezeichnet und in Japan unter dem Namen Edamame (“Branched bean”) gehandelt. International ist die Bezeichnung Edamame vorherrschend. Seit dem 2. vorchristlichen Jahrhundert in China gebräuchlich, haben Edamame nunmehr auch in westlichen Ländern (USA, Kanada) Einzug gehalten. Der Markt wächst und man beginnt den ernährungsphysiologischen Vorteil dieses Gemüses zu schätzen.

Edamame sind primär im südost - asiatischen Raum bekannt und geschätzt. Die höchste Nachfrage gibt es in Japan. Dort waren sie früher nur in der Erntesaison (Juli bis September) frisch verfügbar, ab den späten 60er Jahren kamen gefrorene Edamame für den Ganzjahreskonsum auf den Markt. Der gemeinsame Konsum von Edamame und Bier ist fixer Bestandteil der traditionellen sommerlichen Ernährung in Japan.

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2002 wurde an der Versuchswirtschaft in Gross - Enzersdorf, mit den Sorten Thoya und Biei, beide japanischer Herkunft, die ersten Testversuche in Mitteleuropa durchgeführt.

Am 15. 5. 2002 wurden die beiden Sorten mit einer Saatstärke von 80 Körnern pro m² in einem Reihenabstand von 36 cm ausgesät. Das TKG von Biei betrug 416 g und das von Thoya 396 g.

Zusätzlich zu der Kleinparzellenanlage wurde eine größere Fläche mit der Sorte Thoya angebaut, um die Möglichkeit einer maschinellen Erntetechnik zu prüfen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorte Biei hatte einen Feldaufgang von 87,5% und Thoya erreichte nur einen Aufgang von 62,5%. Die Höhe des Hülsenansatzes, eine Mindesthöhe ist für eine maschinelle Ernte wichtig, war bei der Sorte Biei mit 21cm günstig. Der Hülsenansatz bei Thoya mit ca. 9 cm war ebenfalls noch ausreichend. Die Vegetationsdauer bis zum Zeitpunkt der Grünkornenernte betrug bei der Sorte Biei 90 Tage und bei der Sorte Thoya 105 Tage. Das Erntefenster für die Grünkornenernte, bei der die besten Qualität-

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie,

* Versuchswirtschaft Gross-Enzersdorf, A-2301, Gross – Enzersdorf

** Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, A-1180, Wien

ten geerntet werden, umfasst ca. 4 bis 6 Tage. Verzögerte Ernte führt zu mehligem Geschmack und ist für die Gemüseverarbeitung nicht mehr geeignet.

Tab. 1: Agronomische Kennzahlen der beiden Edamame - Sorten, Gross-Enzersdorf.

Sorte	BIEI	THOYA
Pflanzen / m ²	70	50
Hülsen / Pflanze	8,3	12
Hülsenansatz in cm	21,3	9,1
Pflanzenhöhe cm	56	37
Bohnen / Hülse	1,7	2
TKG grün (g)	418	572
Hülsen g/m ²	844	1030
Bohnen g/m ²	438	603

Die Ertragsanalyse ergab freierollende Bohnen von 438 g/m² bei Biei mit einem Tausendkorngewicht von 418 g, die Sorte Thoya hatte mit 603 g/m² im Vergleich zu Bei einen um 159 g/m² höheren Bohnenertrag. Das Tausendkorngewicht von Thoya lag bei 572 g.

Hauptproduktionsländer von Edamame sind China, Taiwan und Thailand. In diesen Ländern wird die Ernte händisch bis teilmechanisiert durchgeführt. Um die Anbauwürdigkeit von Edamame in Europa nachhaltig zu gewährleisten, ist ein vollmechanisches Erntesystem nötig.

Die Ernte der Hülsen wurde auf den Großflächen mit einem selbstfahrenden Bohnenpflücker durchgeführt. Dieses Verfahren war sehr zufriedenstellend.

Die Grünkornenernte mit einem adaptierten Erbsendrescher brachte keine zufriedenstellende Ergebnisse, da die Konsistenz der Hülse im Vergleich zur Bohne zu hart ist, sodass entweder große Anteile voller Hülsen oder vermehrt Bruchbohnen bei Erhöhung des Trommeldruckes zu verzeichnen waren.

Edamame ist auf Grund der Ertragsleistung auf diesem Standort eine anbauwürdige Kultur. Das umfangreiche Sortenspektrum, geschätzte 30 bis 40 Sorten sind für eine Produktion in Ostösterreich geeignet, erfordert eine gezielte Standortprüfung. Weiters sind agronomische Parameter wie optimale Saatstärke, Zeitstufenaussaat und Qualitätsstandards des Ernteproduktes zu erarbeiten.

Antifungale Wirksamkeit von Extrakten aus fünf Holundersorten

Katharina Kuhn, Karin Förster & Wulf Diepenbrock*

Einleitung

Im ökologischen Landbau stehen für die Bekämpfung samenbürtiger Pilze nur wenige Möglichkeiten zur Verfügung. Neben der Anwendung physikalischer Methoden können Mittel auf pflanzlicher Basis eingesetzt werden (Jahn 2002).

Wie bereits berichtet (Kuhn u. a. 2004), hemmen Extrakte aus Schwarzem Holunder (*Sambucus nigra* L.) in vitro das Wachstum von *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. und *Microdochium nivale* (Fries). Da der Einfluss der Sorte und der Vegetationsdauer auf den Wirkstoffgehalt der Pflanzenorgane nicht bekannt ist, wurden 2004 fünf Sorten des Schwarzen Holunders zu unterschiedlichen Terminen beerntet und die aus dem Erntematerial gewonnenen Extrakte in vitro auf ihre Wirksamkeit gegen *F. culmorum* und *M. nivale* getestet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Sortenprüfung eines Erntetermins vorgestellt.

Material und Methoden

Material: Die *Sambucus nigra* L. Sorten Riese aus Voßloch (1), Samdal (2), Sampo (3), Haschberg (4) und Haidegg Klon 13 (5) wurden am 28. Juli 2004 auf der Plantage der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau (LVG) Erfurt beerntet.

Extrakterstellung: Sie erfolgte unter definierten Bedingungen aus frischem Erntematerial mit drei Parallelansätzen pro Sorte.

Wirkungsprüfung: Die antifungale Wirkung der Extrakte wurde mit dem Extrakt-Agar-Wachstumstest geprüft (Kuhn u. a. 2004). Zur Prüfung hitzelabiler Verbindungen wurde in einer zweiten Untersuchung die folgende Modifizierung der Extrakt-Agar-Herstellung eingeführt. Der Kartoffel-Glukose-Agar (PDA; FLUKA®) wurde mit der für die jeweilige Konzentrationsstufe notwendigen Menge Wasser versetzt, autoklaviert und nach Abkühlung des Agars auf <60 °C wurde die gewünschte Menge Holunder-extrakt zugefügt. Als Kontrolle diente bei beiden Verfahren PDA (39 g l⁻¹). Der erkaltete Agar wurde mit der Konidien suspension von *F. culmorum* (1,76*10⁶ ml⁻¹) bzw. von *M. nivale* (4,4*10⁵ ml⁻¹) beimpft und sieben Tage bei 20 °C im Dunkeln inkubiert. Das Pilzwachstum (Myzeldurchmesser) wurde täglich gemessen.

Auswertung: Zur Prüfung des Sorteneinflusses auf das Pilzwachstum wurde mit der Prozedur „proc glm“ SAS (Institute Inc. Cary, NC, US, Release 8.2) eine Varianzanalyse durchgeführt. Der Mittelwertvergleich erfolgte mit dem Tukey-Test.

Ergebnisse und Diskussion

Die Extrakte aller Sorten verfügen gegen *F. culmorum* und *M. nivale* über eine hohe antifungale Wirkung, d. h. alle Extrakte hemmten vollständig über den gesamten Untersuchungszeitraum das Wachstum der geprüften Pathogene bei einer Extraktkonzentration von 75 % und 50 % im Agar. Wird das Wachstum der Pilze auf Agar mit niedrigerer Extraktkonzentration (25 u. 10 %) nach dreitägiger Inkubation betrachtet, ergibt sich ein differenzierteres Bild. Bei geringeren Konzentrationen nimmt die Wirkung sowohl bei der Prüfung mit Erhitzen als auch bei der Prüfung ohne Erhitzen des Extraktes bei einigen Sorten ab (Tab. 1). Die Prüfung des Sorteneinflusses auf die

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D-06108 Halle (Saale); kuhn@landw.uni-halle.de

antifungale Wirkung der Extrakte erfolgte deshalb auf den Konzentrationsstufen 25 % und 10 %.

Ergebnisse des Extrakttagartests mit Erhitzen: Bei einem 25%igen Anteil im Agar hemmten Extrakte der Sorte Haschberg (4) sowie der Sorte Samdal (2) das Wachstum von *M. nivale* und *F. culmorum* stärker als Extrakte der Sorte Sampo (3). Bei einem 10%igen Anteil des Extraktes im Agar verringern Extrakte der Sorte 4 das Wachstum von *M. nivale* stärker als Extrakte der Sorte 3. Gegenüber *F. culmorum* ist die Wirkung schwächer. Die Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant.

Tab.1: Wirkung von Holunderextrakten unterschiedlicher Sorten auf das Wachstum von *M. nivale* und *F. culmorum* nach dreitägiger Inkubation (Extrakttagartest, n=3, Tukey-Test; 1 Riese aus Voßloch, 2 Samdal, 3 Sampo, 4 Haschberg, 5 Haidegg Klon 13)

Pathogen	Extrakt c %	Variante	Wirkung der Extrakte der Sorte:					
			1	2	3	4	5	
<i>M. nivale</i>	25	120 °C	\bar{x} [mm]	9,6 bc	8,7 b	15,9 c	0 a	6,6 ab
			Hemmung [%]	73	75	55	100	81
		60 °C	\bar{x} [mm]	0 a	0 a	2 a	0 a	0 a
			Hemmung [%]	100	100	63	100	100
	10	120 °C	\bar{x} [mm]	26,1 b	25,7 ab	29,1 b	20,3 a	25,3 ab
			Hemmung [%]	25	27	17	42	28
		60 °C	\bar{x} [mm]	5,2 abc	1,7 ab	17,6 c	14,6 bc	0 a
			Hemmung [%]	85	95	50	58	100
<i>F. culmorum</i>	25	120 °C	\bar{x} [mm]	13,4 b	12,4 b	19,7 c	5,2 a	16,3 bc
			Hemmung [%]	62	64	44	85	53
		60 °C	\bar{x} [mm]	0 a	0 a	3,2 a	0 a	0 a
			Hemmung [%]	100	100	91	100	100
	10	120 °C	\bar{x} [mm]	29,2 a	26,1 a	29,7 a	24,3 a	27,6 a
			Hemmung [%]	17	25	15	30	21
		60 °C	\bar{x} [mm]	6,7 ab	3 a	19,1 b	20,2 b	4,8 ab
			Hemmung [%]	81	91	45	42	86

Ergebnisse des Extrakttagartests ohne Erhitzen: Die antifungale Aktivität aller Extrakte ist höher als nach dem Erhitzen. Mit Ausnahme der Sorte 3 hemmten alle Extrakte bei einem Anteil von 25 % im Agar das Wachstum beider Pilze vollständig. Bei einem 10%igen Anteil der Extrakte wurde ebenfalls eine deutlich stärkere Wirkung beobachtet als bei den erhitzten Extrakten gleicher Konzentration.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die antifungale Wirkung der Holunderextrakte sortenabhängig ist. Die Unterschiede zwischen den erhitzten und nicht erhitzten Extrakten erfordern weitere Untersuchungen der Inhaltsstoffe.

Literatur

- Jahn, M. 2002: Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport 1, 12-15.
 Kuhn, K., K. Förster & W. Diepenbrock 2004: Kontrolle samenbürtiger Pathogene des Getreides durch Pflanzenextrakte. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 293-294.

Die Autoren bedanken sich bei der LVG in Erfurt, insbesondere bei Frau Möhler für die freundliche Unterstützung und die Bereitstellung des Untersuchungsmaterials.

Produktion nachwachsender Rohstoffe in gentechnisch veränderten Nutzpflanzen: Der Sicherheitsaspekt

Lössl, A.*

Einleitung

Im Rahmen der Herstellung nachwachsender Rohstoffe bietet sich die Möglichkeit, durch Pflanzen Kunststoffe zu erzeugen. Angesichts stark steigender Weltmarktpreise für fossile Brennstoffe fördert diese Technologie eine Unabhängigkeit von externen Energieträgern.

Polyhydroxybuttersäure (PHB) gehört zu Polyestern aus 3-Hydroxy-Säuren, die in der Natur durch verschiedene Bakterien gebildet werden (Schubert et al. 1988). Das Bakterium *Ralstonia eutropha* nutzt diese Polyhydroxy-Alkanoate (PHAs) als Energiequelle sowie als Kohlenstoff-Lager. In diesem Bakterium wird PHB aus Acetyl-Coenzym A (CoA) durch eine Folge von drei enzymatischen Reaktionen hergestellt: Als erstes wird durch Kondensation zweier Moleküle Acetyl-CoA durch die Beta-Keto-Thiolase Acetoacetyl-CoA gebildet. Dann reduziert Acetyl-CoA-Reductase Acetoacetyl-CoA zu β -Hydroxybutyryl-CoA, welches dann die PHB Synthese zu PHB polymerisiert.

Die Besonderheit dieser Arbeiten liegt in der Wahl des Zell-Kompartimentes zur Transformation. Anstatt die Chromosomen zu transformieren, wird hier die Möglichkeit genutzt, die Chloroplasten als Träger genetischer Information mit den nötigen drei Genen auszustatten.

Da in den Pollen nur äußerst selten Plastiden oder Chloroplasten enthalten sind, besteht dadurch die innovative Chance, eine genetisch veränderte Pflanze anzubauen, ohne die Nachbarfelder dabei durch Kreuzbefruchtung mit transgenem Pollen zu beeinträchtigen.

Material und Methoden

Der Stoffwechselweg zur Synthese von Polyhydroxybutyrat (PHB) wurde mittels biologistischer bzw. chemischer Methode in Chloroplasten von Tabakpflanzen der Sorte 'Petit Havana' übertragen. Hierzu wurden die drei PHB-Gene, welche die Enzyme für diesen biosynthetischen Weg codieren, in Plasmid-Transformationsvektoren inseriert (Lössl et al. 2000). Nach Selektion auf Spektinomycin-haltigen Regenerationsmedium wurden mittels Gas-Chromatographie der Gehalt und die Struktur des pflanzenproduzierten Poly-Hydroxybutyrates analysiert.

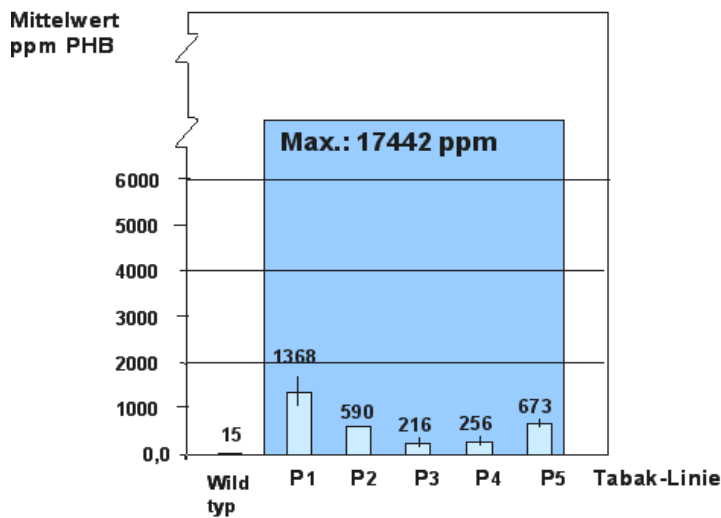
Ergebnisse und Diskussion

In vier Transformationsexperimenten konnten mehrere Tabak-Regenerate, welche die PHB-Gene beinhalten, hergestellt werden. Die neuen Pflanzen enthalten das PHB-Operon unter Kontrolle plastidärer Regelelemente. Die Vollständigkeit in der Gesamtlänge der drei seriell angeordneten Gene und die korrekte Insertion im Plasmid zeigten Southern-Hybridisierungen und PCR-Tests.

Die positiven Regenerate von fünf Linien mit plastidären Regelelementen wurden vermehrt und deren PHB-Gehalte ermittelt. Signifikante PHB-Synthese war auf die frühen Wachstumsstadien begrenzt. Innerhalb der Transformanten zeigten die PHB-Syntheselevel eine starke Variabilität. Im frühen Regenerationsstadium erreichten die

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, 0043-1-476 543 323

Pflanzen bis zu 17442 ppm (1,7%) PHB in der Trockenmasse (Abb. 1). Mehr als 70% dieser pflanzenproduzierten Hydroxybuttersäure lag mit einer Molekülmasse von bis zu 2500 kDa als Polymer vor.



Die PHB-Syntheselevel von plastiden-transformierten Linien nahmen bei autotropher Ernährung ab, jedoch blieben die PHB Transkript-Level auf gleichem Niveau. In reifen Pflanzen waren bereits geringe PHB-Mengen mit männlicher Sterilität assoziiert.

Abb. 1: Gehalte am Polyester PHB in der Trockenmasse der neuen Tabaklinien.

Die Ergebnisse zeigen, daß der PHB-Stoffwechselweg in Chloroplasten umsetzbar ist. Allerdings stört das in den Plastiden gebildete PHB den Metabolismus der Pflanzen, sodaß die PHB-Produktion mit den beobachteten Wachstumsdepressionen einhergeht (Lössl et al. 2003).

Die Erweiterung des Potentials landwirtschaftlicher Nutzpflanzen durch die Gentechnik spielt sich heute noch vorwiegend in Gewebekultur und Gewächshaus ab. Neben dem Mangel an ausgereiften Produkten stellte bislang vor allem der Sicherheitsaspekt eine große Hürde zur Umsetzung gentechnischer Innovationen dar. Jedoch gewährleisteten mittlerweile neue Transformationstechnologien einen deutlich erhöhten Sicherheitsstandard der gentechnisch veränderten Nutzpflanzen. Die Expression pflanzenfremder Gene durch Chloroplasten ist damit bereits eine sehr sichere Anwendung, da diese Pflanzen ihre pflanzenfremden Gene nicht durch ihre Pollen verbreiten.

Eine weitere Verbesserung wäre eine Induzierbarkeit der Synthese solcher nachwachsender Rohstoffe. Daher zielen weitere Arbeiten darauf ab, Polyesterproduzierende Pflanzen herzustellen, deren neuer Stoffwechselweg induzierbar ist.

Literatur

- Lössl, A., Eibl, C., Dovthenko, A., Winterholler, P., und Koop, H.U., (2000): Production of Polyhydroxybutyric Acid (PHB) Using Chloroplast Transformation. The 8th International Symposium on Biological Polyesters (ISBP 2000), Sept. 11-15, 2000 Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA USA
- Lössl, A.; Eibl, C.; Harloff, H.; Jung, C. und H.U. Koop 2003: Polyester in transplastomic tobacco: Significant contents of polyhydroxybutyrate are associated with growth reduction. Plant Cell Rep. 21: 891-899
- Schubert P, Steinbüchel A, Schlegel HG (1988) Cloning of the *A. eutrophus* genes for synthesis of poly- β -hydroxybutyric acid (PHB) and synthesis of PHB in *E. coli*. J Bacteriol 170: 5837-5847

Stabilität von Karotinoiden, Flavonoiden und Faradiolmonoestern in Ringelblumen (*Calendula officinalis* L.) in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Lagerungsbedingungen

B. Honermeier¹⁾, P. M. Martins¹⁾, F. Yan¹⁾, K. Zitterl-Eglseer²⁾ & C. Franz²⁾

Einleitung

Pharmazeutischen Zubereitungen aus Blütendrogen der Ringelblume (*Calendula officinalis* L.) werden granulotionsfördernde und antiphlogistische Wirkungen zugesprochen. Für diese Effekte werden nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand vor allem die Faradiolmonoester verantwortlich gemacht, die in den Blütenblättern dieser Pflanze enthalten sind. Als weitere wertgebende Inhaltsstoffe der Ringelblume werden u. a. die Flavonoide und Karotinoide betrachtet. In einem Lagerungsversuch mit Blütendrogen der Ringelblume sollte geklärt werden, in welchem Maße sich die Lagerungsbedingungen (Temperatur, Licht, Verpackungsform) und die Zeitdauer der Lagerung auf die Stabilität von Karotinoiden, Flavonoiden und Faradiolmonoestern auswirken.

Material und Methoden

Blütendrogen (Blütenköpfe mit Kelchboden, ohne Stängel) von *Calendula officinalis* L. (cv. „Erfurter Orange“) wurden im Jahr 2004 in einem Phytotron über eine Zeitspanne von insgesamt 5 Monaten mit zwei Verpackungsformen (Papiertüte ohne PET-Folie, Papiertüte mit PET-Folie) und unter 5 Umwelten (1 = 30 °C, 80 % LF, dunkel, 2 = 30 °C 20 % LF, dunkel, 3 = 13-18 °C, 50-70 % LF, dunkel, 4 = 7 °C, 90 % LF, dunkel, 5 = 9-34 °C, 30-90 % LF, Tageslicht) gelagert (s. auch Martins & Honermeier 2004). Nach einem Monat (T1) und nach 5 Monaten (T2) wurden folgende Prüfmerkmale erhoben: Wassergehalt, Keimzahl (Pilze), Karotin, Xanthophyll, Flavonoide gesamt, Faradiolmonoester und Calenduladiolester. Die Analytik des Karotins und der Flavonoide erfolgte nach den jeweiligen Standardmethoden (photometrische Messung). Die Bestimmung der Faradiolmonoester wurde nach einer HPLC-Methode von Reznicek et al. (2000) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Lagerung der Blütendrogen führte in der Variante 1 (30 °C, 80 % Luftfeuchte), mit PET-Folie, bereits nach 4 Wochen zu einer ungewöhnlich starken Erhöhung der Keimzahlen (vgl. Tab. 1). Es wird vermutet, dass diese Kontamination bereits durch eine höhere Keimbelastung während der Probenahme ausgelöst wurde und nicht allein durch die Lagerungsbedingungen zustande kam. In allen anderen Varianten lag die Keimbelastung der Blütendrogen im Normalbereich. Der Karotingehalt lag zu Versuchsbeginn bei 0,13 % TM. Die 4-wöchige Lagerung der Blütenproben bewirkte eine leichte Abnahme des Karotingehaltes auf 0,10 % (Mittelwert der Prüfglieder). Tageslichteinfluss verursachte erwartungsgemäß einen schnelleren Karotinabbau als die Lagerung der Proben bei Dunkelheit. Der Anteil der Flavonoide lag zu Versuchsbeginn bei 0,50 % TM. Nach einer Lagerungsdauer von 4 Wochen (T1) verringerte sich der Flavonoidgehalt der Blütendroge auf 0,27 % (ohne PET-Folie) bzw. auf 0,25

¹⁾ Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen

²⁾ Institut für Angewandte Botanik, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

% (mit PET-Folie). Auch hier waren in der Variante 5 tendenziell die geringeren Flavonoidwerte festzustellen, was auf den negativen Einfluss des Tageslichtes schließen lässt. Diese Befunde unterstreichen die hohe Instabilität und Lichtempfindlichkeit von Karotin und Flavonoiden.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Qualität von Blütendrogen von *Calendula officinalis*, Phytotron Rauschholzhausen 2004

Prüf- glied	T1 (nach 1 Monat)						T2 (nach 5 Monaten)			
	Keimzahl		Karotin		Flavonoide		Far.-myristat		Far.-palmitat	
	je g TM		% TM		% TM		% der Einwaage			
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
1	363	9075	0,15	0,13	0,32	0,27	0,94	0,18	0,97	0,19
2	817	681	0,05	0,05	0,34	0,28	0,59	0,64	1,22	0,67
3	363	635	0,09	0,13	0,23	0,27	0,62	0,73	0,60	0,72
4	998	191	0,11	0,13	0,25	0,21	0,69	0,71	0,74	0,74
5	426	218	0,08	0,05	0,19	0,23	0,64	0,71	0,66	0,67
Mittel	593	2160	0,10	0,10	0,27	0,25	0,70	0,59	0,84	0,60

Der Gehalt der analysierten Faradiolmonoester lag zu Versuchsbeginn (T0) bei 0,10 % Faradiollaurat, 0,57 % Faradiolmyristat und 0,60 % Faradiolpalmitat. Die Gehalte an Faradiolestern waren nach einem Monat (Ergebnisse hier nicht dargestellt) und nach 5 Monaten (s. Tab. 1) in fast allen Varianten nicht vermindert. Eine Ausnahme bildet die Variante 1, in der im Vergleich mit allen anderen Prüfgliedern eine deutliche Absenkung der Gehalte an Faradiolmyristat und an Faradiolpalmitat zu beobachten war. Dieser Rückgang der Faradiolester wird auf die sehr hohe Keimbelastung (> 9000 Keime/g TM bereits nach 4 Wochen) zurückgeführt, die in dieser Probe vorhanden war.

Insgesamt belegen die vorliegenden Befunde, dass die Gehalte an Karotin und Flavonoiden in starkem Maße durch die Lagerungsbedingungen beeinflusst werden können. Die Faradiolmonoester wiesen demgegenüber über die gesamte Zeitspanne eine relativ hohe Stabilität auf, womit vorliegende Ergebnisse aus anderen Untersuchungen bestätigt wurden (Zitterl-Eglseer et al. 2000). Nur bei extrem hoher Keimbelastung der Blütendroge kann auch hier eine Verminderung des Gehaltes an Faradiolestern eintreten.

Literatur

- Martins, P.M. & B. Honermeier (2004): Wirkung unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf die Drogenqualität von *Calendula officinalis* L., Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16:239-240.
- Reznicek, G., Zitterl-Eglseer, K., Franz, Ch. & J. Jurenitsch (2000): Analytik der Faradiolmonoester in Ringelblumenblüten, Extrakten und Salben, Z. Phytotherapie, 21: 152-153.
- Zitterl-Eglseer, K., Novak, J., Traxler, E., & Ch. Franz (2000): Stabilität der Faradiolmonoester in Ringelblumenblüten (*Calendula officinalis* L.) bei verschiedenen Trocknungstemperaturen. Z. Arzn. Gew. Pfl. 5:68-70.

Effect of harvest time and harvest method on seed yield and seed quality of evening primrose (*Oenothera biennis* L.)

Ghasemnezhad, A. & B. Honermeier*

Introduction

Evening primrose (*Oenothera biennis* L.) is a seed drug plant with pharmaceutical potency. The seeds are characterized by an oil content of 25 – 30 % with 8 – 10 % γ -linolenic acid (GLA). GLA is a rare and essential fatty acid for human health. *Oenothera biennis* is a wild species with some disadvantage characters for cultivation. The plant has indeterminate inflorescence with high rate of seed shattering during capsules ripeness. The goal of this experiment was to clarify the effect of different harvest times and harvest methods on seed yield, seed yield components and seed quality of evening primrose.

Material and methods

In 2004 a field experiment was conducted at the research station of Gross-Gerau near Frankfurt/Main (sandy soil, clay content < 5 %) with the German cultivar *Anothera*. The experimental design was a randomized complete block with four replications. Two factors were realized: harvest time (HT): 1 - early harvest time (all capsules are green), 2 - middle harvest time (30% of capsules are brown) and 3 - late harvest time (at least 70% of capsules are brown), harvest method (HM): 1 - defoliation with deiquat, 2 - defoliation with flame, 3 - without defoliation. The following measurements have been executed: plant dry matter, seed yield, thousand grain weight (TGW), seed oil content (extracted by Soxhlet), seed protein content (CHNS elemental analyzer EA 1110) and fatty acid composition (by GC Varian CP-3800).

Results and discussion

The seed yields of evening primrose varied from minimum 11,6 dt/ha to maximum 14,2 dt/ha. Different harvest times did not influence the seed yields. All three harvest times reached the same seed yield level from 13,2 to 13,5 dt/ha (Table 1). It can be supposed that at the first harvest time not all formatted seeds reached the stage of full physiological ripeness. The seeds of the early harvest time were characterized by smaller size demonstrated in significant lower TGW of 0,34 g. This effect is due to a shorter phase of seed formation with lower storage of lipids, proteins and carbohydrates. At the latest harvest time the physiological ripeness of evening primrose seeds was more advanced and the accumulation of primary substances was finished. For this reason a significantly higher level of TGW (0,39 g) of the seeds was observed. On the other hand it can be supposed a higher proportion of shattering capsules and higher seed losses induced by late harvesting. Probably because of these seed losses at the latest harvest time the same seed yield was observed in comparison with the early harvest time.

The oil content of the seeds varied from minimal 24,7 % to maximal 27,6 % of the seed dry matter. Between both factors (HT x HM) an interaction was observed. The defoliation with deiquat led to increased oil content after early harvest time. Contrary to that the defoliation with herbicide led to reduced oil content after late harvest.

* Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, JLU Gießen, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen

Tab. 1: Effects of different harvest times and harvest methods on seed oil, fatty acids, protein content, seed yield, seed dry matter, plant dry matter and thousand grain weight, Groß-Gerau 2004

HT	HM	OC	PC	LA	GLA	SY	SDM	PDM	TGW
1	1	27.6	15.4	73.2	9.0	13.0	90.7	18.2	0.35
1	2	24.7	15.4	73.1	9.3	14.0	90.8	18.2	0.33
1	3	26.6	15.5	73.7	9.1	13.4	91.2	18.3	0.35
2	1	25.5	15.4	73.4	8.0	12.3	92.7	18.6	0.35
2	2	26.9	15.1	73.6	8.1	14.1	92.8	18.7	0.37
2	3	27.1	14.6	73.3	7.8	14.1	92.4	18.5	0.36
3	1	25.8	14.7	73.4	8.3	11.6	88.9	18.1	0.38
3	2	26.3	15.0	73.2	8.0	14.2	89.4	17.5	0.40
3	3	26.7	16.1	73.1	8.0	13.7	87.7	16.9	0.40
<hr/>									
1		26.2	15.4	73.3	9.1	13.4	90.9	18.2	0.34
2		26.6	14.4	73.5	7.9	13.5	92.5	18.6	0.35
3		26.7	15.5	73.2	7.9	13.2	88.7	17.5	0.39
	1	27.6	15.2	73.2	9.0	13.0	90.8	18.2	0.35
	2	25.2	15.1	73.1	9.3	14.0	91.0	18.2	0.33
	3	26.5	15.3	73.7	9.1	13.4	90.4	18.3	0.35
<hr/>									
HT		0.74	0.41	0.30	0.00	0.88	0.00	0.09	0.00
HM		0.20	0.95	0.85	0.70	0.02	0.75	0.58	0.55
HAT x HM		0.03	0.10	0.41	0.83	0.77	0.11	0.60	0.68
<hr/>									
HT LSD _{5%}		ns	ns	ns	0.39	ns	1.57	2.02	0.05
HM		ns	ns	ns	ns	2.4	ns	ns	ns
HAT x HM		1.70	ns	ns	ns	ns	ns	1.21	ns

HT: harvest time, HM: harvest method, OC: oil content, PC: protein content, LA: linoleic acid, GLA: gamma linolenic acid. SY: seed yield, SDM: seed dry matter, PDM: plant dry matter, TGW: thousand grain weight.

The protein content of the evening primrose seeds varied from minimal 14,6 % to maximal 16,1 % (Table 1). Harvest time as well as harvest method did not effect significantly the protein accumulation of the seeds. The effect of harvest time on fatty acids was different. The harvest time did not have any significant effect on palmitic acid and linoleic acid but the other fatty acids such as oleic acid, stearic acid and γ -linolenic acid were affected by harvest time (results of PA, OA and SA are not presented here). The highest amount of GLA was obtained in first harvest time (9.1 %). This effect can not be explained by duration of ripeness phase of the seeds or by the temperature conditions during the formation of fatty acids. Perhaps the interaction between the fatty acids could effect this phenomenon.

Generally it can be concluded that breeding of evening primrose with determined growth and with reduced shattering of capsules is probably the most effective method to reduce the seed losses of this crop. On the other hand it can be mentioned that with adapted harvest time and harvest method during cultivation of evening primrose good seed yields and good seed quality can be obtained.

Potentielle Stickstoffverluste im intensiven Hopfenanbau am Beispiel der Hallertau

Christoph Gastl, Harald Schmid & Kurt-Jürgen Hülsbergen*

Einleitung

In Deutschland wurde der Hopfenanbau des Klosters Geisenfeld (Hallertau) erstmals im Jahre 736 urkundlich erwähnt. Heute nimmt der Hopfenanbau in Bayern einen hohen Stellenwert ein. Er prägt die Kulturlandschaft, sichert das Einkommen der Landwirte und fördert den Tourismus der Region.

Die Hallertau liegt in Oberbayern und ist mit ca. 14400 ha Hopfenfläche das größte zusammenhängende Hopfenanbauggebiet der Welt. Gleichzeitig wird hier Trinkwasser gefördert. Der lange Hopfenanbau in der Region spiegelt sich im Anstieg der Nitratgehalte im Grundwasser wider und führt zu Konflikten zwischen den Landwirten und den Wasserversorgern. Nachfolgend wird der Zusammenhang zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung, insbesondere dem Hopfenanbau und den sickerwassergebundenen Nitratausträgern dargestellt.

Material und Methoden

Das Hopfenanbauggebiet Hallertau liegt naturräumlich im lößlehmreichen Tertiärhügelland Bayerns auf einer Höhe von 380-510 m über NN. Das Klima ist durch eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 7,6 °C und mittleren Jahressummen des Niederschlags von 750-800 mm gekennzeichnet.

Zur Analyse des Stickstoffhaushalts der Hopfenbetriebe wurde das Modell REPRO (Hülsbergen, 2003) auf acht Betrieben in der Hallertau angewendet. Es ermöglicht die Quantifizierung der N-Flüsse im Betrieb insbesondere die Zusammenhänge zwischen Betriebsstruktur, Standort, Verfahren und N-Haushalt. Für die Untersuchung war es nötig, spezielle Parameter für den Hopfenanbau in das Modell zu integrieren (Gastl, 2005).

Im Winter 2004 wurde auf benachbarten Hopfengärten, Acker- sowie Dauer-Stilllegungsflächen Tiefenbohrungen durchgeführt, um die Nitratvorräte in tieferen Bodenschichten (0-6m) zu bestimmen. Bei der Flächenauswahl wurde auf eine ausreichende Profilmächtigkeit und –homogenität sowie auf den Ausschluss lateraler Zuflüsse geachtet. Die Bewirtschaftung der Flächen kann über mehrere Jahre zurückverfolgt werden. Die Beprobung erfolgte durch einen am Lehrstuhl entwickelten Tiefenbohrer (Maidl et al., 1991).

Ergebnisse und Diskussion

Hopfen besitzt aufgrund des geringen N-Entzuges bei üblicherweise intensiver N-Düngung ein großes N-Verlustpotenzial. Betriebe mit einem hohen Hopfenanteil in der Fruchtfolge sind hiervon besonders betroffen (Tab. 1).

Zur Reduktion der möglichen N-Verluste auf Betriebsebene ist einerseits eine Optimierung des N-Haushalts im Hopfenanbau selbst (Anpassung der mineralischen N-Düngung, Anbau von Untersaaten) nötig.

Andererseits muss die N-Effizienz im Gesamtbetrieb verbessert werden. So kann z.B. durch eine reduzierte Düngung der übrigen Kulturarten das N-Verlustpotenzial des Gesamtbetriebes gesenkt werden. Grünland- oder Stilllegungsflächen führen zu

* TU München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising

geringeren NO₃-Vorräten im Boden (Abb. 1) und stellen somit mögliche Ausgleichsflächen zu den intensiv gedüngten Hopfenflächen dar.

Tab. 1: Strukturkennzahlen und Stickstoffbilanz^{a)}

Kennzahl	ME	Betrieb							
		6	5	3	7	8	2	1	4
Hopfenanteil	%	9	-	71	37	61	78	32	95
Grünlandanteil	%	43	-	15	1	-	-	2	1
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	2,32	0,86	-	-	-	0,53	0,49	-
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	134	96	69	109	100	77	98	83
N-Düngung ^{b)}	kg N ha ⁻¹	185	182	183	248	262	206	245	259
N-Saldo (Hopfen) ^{c)}	kg N ha ⁻¹	158	-	146	190	146	153	234	182
N-Saldo (Betrieb) ^{c)}	kg N ha ⁻¹	69	70	99	119	122	135	147	172

^{a)} N-Saldo = N-Immission (30 kg N ha⁻¹) + Saatgut + symbiont. N-Fixierung + Mineraldünger + Stroh- und Gründüngung + organische Dünger der Tierhaltung - N-Entzug - Δ Boden-N-Vorrat.

^{b)} mineralische u. org. Dünger (Stroh- und Gründüngung, organische Dünger der Tierhaltung)

^{c)} Gesamt-N-Verlustpotenzial = NH₃-, Denitrifikations- und sickerwassergebundene Nitratverluste

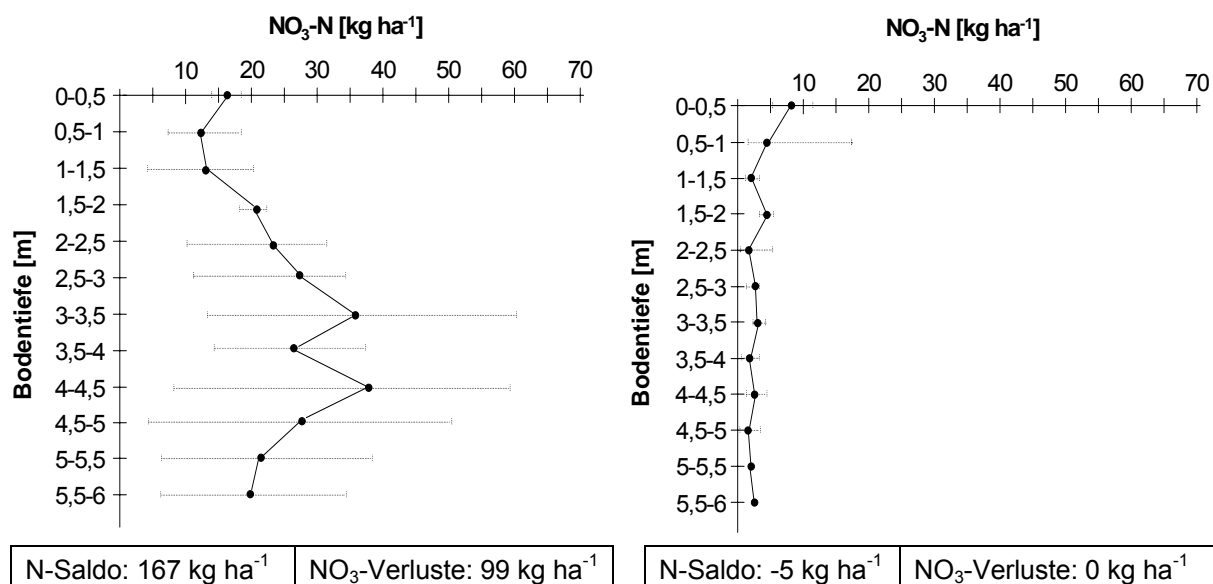


Abb. 1: Tiefenverteilung der NO₃-Vorräte im Hopfengarten (links) im Vergleich zur Dauerstilllegungs-Fläche

Die Untersuchungsbetriebe sind für einen Großteil des Hopfenanbaugesbietes Hallertau repräsentativ. In weitere Untersuchungen müssen zusätzliche Standorte in die Tiefenbohrung einbezogen werden. Zudem ist es nötig, den gesamten Landschaftswasserhaushalt zu berücksichtigen und insbesondere auf die Stoffverlagerung durch Erosionsprozesse einzugehen.

Literatur

Gastl, C. 2005: Potenzielle Stickstoffverluste im intensiven Hopfenanbau am Beispiel der Hallertau. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Ökologischen Landbau der TU München.

Hülsbergen, K.-J. 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.

Maidl, F.-X.; F. Funk; R. Müller und G. Fichbeck 1991: Ein Tiefenbohrgerät zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Formen der Landbewirtschaftung auf den Nitratintrag in tiefere Bodenschichten. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 154: 259-263.

Der Blattflächenindex als Indikator für den Wasserverbrauch von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb

Kahle, Petra, Koop, Björn & Boelcke, Barbara*

Einleitung

Die schnellwachsenden Baumarten Pappeln (*Populus*) und Weiden (*Salix*) eröffnen aufgrund von Schnellwüchsigkeit, Biomasseaufwuchsvermögen und Transpirationspotenzial breite Nutzungsmöglichkeiten und somit Alternativen für die Agrarproduktion. Kenntnisse zur Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes sind in verschiedenen Einsatzfeldern erforderlich. Die Datengrundlage zum Blattflächenindex von Pappeln und Weiden als essentielle Eingangsgröße für Wasserhaushaltsberechnungen ist gegenwärtig allerdings noch nicht ausreichend und Erfahrungen aus anderen geografischen Regionen schlecht übertragbar. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, an ausgewählten Sorten einer etablierten Versuchsanlage in Mecklenburg-Vorpommern die Entwicklung des Blattflächenindex zu erfassen, die Messwerte in einen Modellansatz zur Berechnung des Bodenwasserhaushalts einzuspeisen und die Auswirkungen auf die Sickerwasserbildung zu prüfen.

Material und Methoden

Der Blattflächenindex (Leaf Area Index, kurz LAI), als Verhältnis aus Blattfläche der Vegetation zur Grundfläche (m^2/m^2), wurde in einer Versuchsanlage der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern am Standort Gülzow, (BOELCKE UND KAHLE, 2000) bei mehrjährigen Pappel- und Weidensorten/-klonen erfasst. Dafür standen jeweils 3 Pappel- und Weidensorten/-klone, ausgewählt nach der Höhe des bisher erzielten Biomasseertragsniveaus zur Verfügung. Die LAI-Messung erfolgte während der Vegetationsperiode 2004 (April bis August) mittels LAI 2000 Plant Canopy Analyser (Li-COR, Lincoln, Nebraska, USA). Dieser erfasst die von der Lichtmenge ober- und unterhalb des Pflanzenbestandes abhängige Lichttransmission. Es wurden zu 10 Terminen jeweils 20 Messungen je Sorte/Klon im Bestand und 4 in ausreichendem Abstand außerhalb der Baumplantage (Referenzwerte) durchgeführt.

Tab. 1: Ausgewählte Pappel- und Weidensorten/-klone für die LAI-Messungen

Baumarten	Sorte/Klonbezeichnung
Balsampappel (Sektion <i>Tacamahaca</i>)	
<i>P. trichocarpa</i>	Muhle Larsen
Hybridpappeln (Sektionen <i>Tacamahaca</i> und <i>Aigeiros</i>)	
<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	10/85 (49)
<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	Max 3
Weiden (<i>Salix</i> sp.)	
<i>S. caprea</i> x <i>S. viminalis</i>	Weide (Nr. 6)
<i>S. viminalis</i> var. <i>regalis</i>	Königshanfweide (Nr. 10)
<i>S. viminalis</i> x <i>S. purpurea</i>	Ulbrichweide (Nr. 8)

* Universität Rostock, Institut für Landnutzung, J.-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

Zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes wurde das Speichermodell SIMPEL genutzt, das die Möglichkeit bietet, die LAI-Zeitreihen zur Berechnung der Interzeption zu implementieren und somit die Auswirkungen auf die Verdunstung darzustellen. Wirksames Element ist der Blattspeicher als Funktion des Blattflächenindex, der variabel in das Modell eingeht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklungsverläufe des Blattflächenindex (Abb. 1) vermitteln deutliche Unterschiede zwischen Pappeln und Weiden. Ausgehend von annähernd gleichen LAI-Ausgangswerten von 0,9-1,0 (Pappeln) bzw. 0,8-1,4 (Weiden) zu Messbeginn (April) deuten sich bereits ab Mai Differenzen zwischen den Baumarten sowie Sorten bzw. Klonen an. Dabei zeichneten sich die Pappel-Klone durch gleichmäßigere und vergleichsweise höhere LAI-Werte aus als die geprüften Weiden. Setzt man LAI-Werte und Biomasseleistung der Bäume in Beziehung, so weisen die Pappeln sowohl höhere Erträge als auch einen höheren Blattflächenindex auf als die Weiden. Innerhalb der Gattungen bestätigte sich diese Beziehung allerdings nur bei *Salix*.

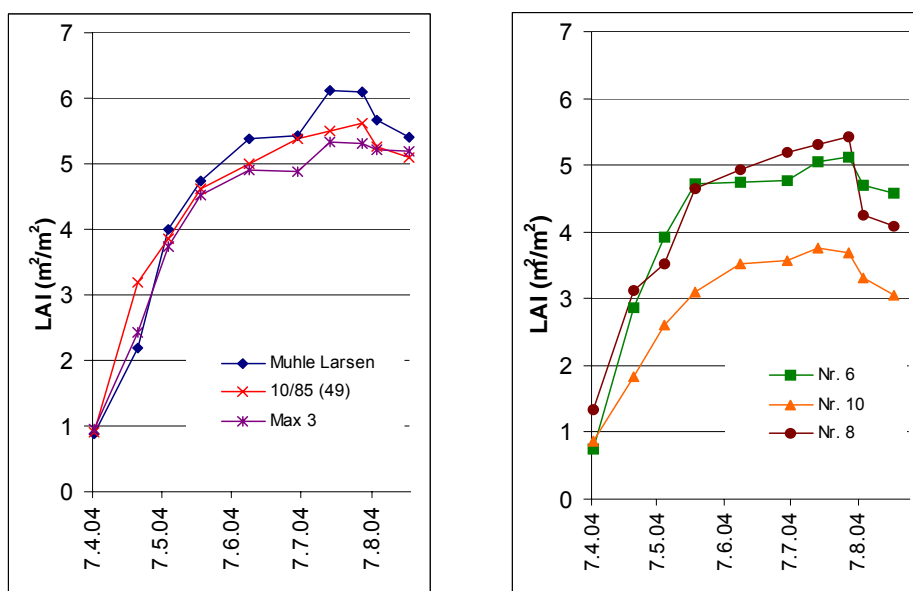


Abb. 1: LAI-Entwicklung schnellwachsender Bäume am Standort Gülzow

Für den Simulationszeitraum 1993-1999 ergab sich eine erhebliche Dynamik der Bodenwasserhaushaltsgrößen. Die mittleren jährlichen Sickerwasserraten betragen 313 mm (Weide) bzw. 242 mm (Pappel), entsprechend 36 % bzw. 31 % der jährlichen Niederschlagsmenge. Die jährlichen Sickerwasserraten variierten im Bereich von 14 % bis 60 % des Niederschlags. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass der Anbau der schnellwachsenden Baumarten Pappeln und Weiden eine Möglichkeit zur Sickerwasserminimierung durch Förderung der Verdunstung ist, ohne den Sickerwasserfluss am Versuchsstandort vollständig zu unterbinden.

Literatur

BOELCKE, B. UND KAHLE, P. (2000): Leistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Nordosten Deutschlands und erste Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften. Die Holzzucht. 53, 5-10.

Optimierung des Wassereinsatzes bei Erdbeere (*Fragaria ananassa*) im Gaza-Streifen/Palestina.

Nahed Ghuneim¹ & Ralph Gretzmacher²

Einleitung

Durch Zunahme der Weltbevölkerung und gleichzeitiger Verdoppelung des Wasserverbrauches pro Kopf von 400 auf 800 m³ je Jahr hat sich in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts der Gesamtwasserverbrauch mehr als vervierfacht (Engelmann und Leroy, 1995). Im Gazastreifen kommt zu dem erhöhten Verbrauch noch der ungleiche Zugang zum Wasser dazu, deshalb ging der Anteil der Bewässerungsfläche im Verhältnis zu der von Palästinensern potentiell nutzbaren Fläche von 27 % im Jahr 1967 auf nur mehr 4 % Anfang der 90er Jahre zurück (Allan und Mallat 1995). Versuche mit Erdbeere in Italien zeigen, dass in vielen Fällen zu viel Wasser verwendet wird, so konnte die Versorgung mit Mengen die 65 % der max. Evapotranspiration entsprachen zu keinen signifikanten Mehrerträgen gegenüber der „40 %-Versorgung“ führen (Mannini und Gallini, 1994).

Material und Methoden

In Beit Lahiya, 7 km nördlich von Gaza in 54m Seehöhe kam der Versuch inmitten von Feldern von Erdbeerbauern mit dem Ziel wassersparende Maßnahmen aufzuzeigen als lateinisches Quadrat zur Anlage. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 20,3 °C, die Regenmenge, die zwischen Ende Oktober und Anfang Mai fällt beträgt 414 mm (Jad 2000). Bei dem Boden handelt es sich um ein künstliches Gemisch von Wüstensand mit dem tiefer liegenden Lehm. Dieser lehmige Sand besitzt eine Feldkapazität von 22,4 % und eine Infiltrationsrate von 420 mm.h⁻¹. Die Einzelparzelle maß 400 x 110 cm. Mit 300 m Schlauch und über 1500 Düsen konnten folgende Bewässerungsvarianten angelegt werden:

1. niedrig bewässert mit 2,30 Liter/h-Düsen, 9,2 Liter/h/m², (100 %)
2. mittel bewässert mit 3,75 Liter/h-Düsen, 15,0 Liter/h/m², (163 %)
3. hoch bewässert mit 4,60 Liter/h- Düsen, 18,4 Liter/h/m², (200 %)

Die 4 Reihen Erdbeerpflanzen bekamen das Wasser durch 2 Schläuche/Parzelle im Abstand von 43 cm und einem Tropferabstand von 25 cm zugeteilt.

Außerhalb des eigentlichen Versuches erfolgte noch der Vergleich von ebenfalls 2 Schläuchen mit 4,60 Liter/h-Düsen (200 %, Variante 4 gleich Variante 3) mit 3 Schläuchen mit 4,60 Liter/h-Düsen (298 %, Variante 5) als der von den Praktikern favorisierten Variante, die über die Vegetationsperiode 1752 Liter/m² erhielt (1. Variante 588 l/m², 2. 960 l/m², 3. und 4. Variante 1176 l/m²).

Jungpflanzen der Sorte „328 Tamar“ wurden am 7.9. 2001 ausgepflanzt, in den ersten 3 Wochen 3-4 mal täglich durch Sprinkler feucht gehalten, dann wurde mittels Tropfer jeden zweiten Tag für alle Varianten gleich 1 Stunde bewässert, am 13.10. mit einer vorgelochten Folie überzogen und am 18.10. mit einem Folientunnel überdeckt. Die Blüte begann am 25.10. und die Ernte dauerte vom 24.11.2001 bis zum 29.3. 2002. Es wurde 29 mal durchgeerntet.

¹ Europäisches Patentamt, Direktion 4.5.5., Rennweg 12, A-1030 Wien

² Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Gregor Mendelstr. 33, A-1180 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Schon bei der Zählung der Blüten wurde die geringe Beeinflussung durch die unterschiedlichen Wassermengen von Haupt- und Nebenversuch sichtbar.

Bei der geringsten Bewässerungsintensität konnten durch 11 Zählungen insgesamt 467 Blüten/m² festgestellt werden. Mit steigendem Wasserangebot verhielten sich die Blütenzahlen relativ wie 100, 97, 105 % und dann 104 und 97 % beim Vergleich von 2 zu 3 Schläuchen.

Bei dem verkaufsfähigen Ertrag roter Früchte in Summe aller 29 Einzelernten konnte die am wenigsten bewässerte Variante 18.487 kg/ha erbringen (100 %), die mittlere Bewässerung kam auf 19.208 kg/ha (103,9 %), die höchst bewässerte lieferte 19.928 kg/ha (107,8 %), die Vergleichsvariante des Nebenversuches brachte 19.688 kg/ha (106,5 %) auf die Waage und die Variante mit 3 Schläuchen und einer relativen Bewässerungsmenge von 298 % sank wieder auf 19.208 kg/ha (103,9 %).

Bei einem Wasserpreis von 2,00 €/m³ und einem Verkaufserlös von 3,50 €/kg ergeben sich reine Wasserkosten in der Höhe von 11.760 (1.), 19.200 (2.), 23.520 (3. und 4.) und 35.000 € für die 5. und in der Praxis geläufigen Variante. Die Roherträge für die Varianten 1 – 5 betragen: 64.705, 67.228, 69.748, 68.908 und 67.228 €/ha.

Das festgestellte Einsparungspotential zeigt einen Weg auf die Effizienz der Bewässerung zu steigern, die notwendig ist um das „sustainable water scenario“ zu erreichen. Dieses verhindert die Wasservorräte der Erde zu plündern, was zu Knappheit und Preissteigerung bei landwirtschaftlichen Produkten und in Folge zu vergrößerter Armut führt (Rosegrant, M.,W., C. Ximing und S.,A. Cline, 2002).

Literatur

- Allan, J. und C. Mallat 1995: Water in the Middle East – Legal, Political and Commercial Implications. Tauris Academic Studies, London.
- Engelmann, R. und P. Leroy, 1995: Die Bevölkerungsentwicklung und die Zukunft der erneuerbaren Wasservorräte. Balance Verlag, Hannover.
- Jad, I., 2000: Atlas of Palestine, Applied Research Institute, Jerusalem
- Mannini, P. und D. Gallini, 1994: Risposta produttiva e qualitative della fragola all irrigazione, Rivista di Frutticoltura, 4, 96 – 73, Bologna.
- Rosegrant, M.,W., C. Ximing und S.,A. Cline, 2002: Global Water Outlook to 2025, Averting an Impending Crisis, IWMI, Colombo.

Gehalt an Fraktion A (Nicht –Protein Stickstoff) des Rohproteins verschiedener Futterpflanzen im Vegetationsverlauf

Martin Gierus, Antje Herrmann, Sandra Kruse, Jana Kleen & Friedhelm Taube*

Einleitung

In der Wiederkäuerernährung stellt die Proteinfractionierung nach Licitra et al. (1996) eine weit verbreitete chemisch-analytische Methode zur Bewertung der Proteinqualität dar, die darüber hinaus eine Abschätzung der im Dünndarm anflutenden Menge an UDP (unabbaubares Rohprotein) erlaubt. Überhöhte Gehalte dieser Verbindungen bei unzureichend fermentierbarer organischer Masse im Pansen werden als ernährungsphysiologisch nachteilig betrachtet, da sie die N-Effizienz des Tieres mindern und das N-Verlustpotential im Milchvieh/Futterbaubetrieb erhöhen. In der Pflanze hingegen erfüllen NPN-Verbindungen wichtige Funktionen im N-Metabolismus als Speicher- und Transportformen. Differenzen im N-Metabolismus von Futterpflanzen (fixierend vs. nicht-fixierend) und die Nutzung zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien lassen Unterschiede bezüglich des Anteils der A-Fraktion insbesondere im Vegetationsverlauf erwarten. Ziel eines aktuellen Projektes ist es, die Veränderungen der Anteile der A-Fraktion im Zuwachsverlauf von Silomais und Futterleguminosen zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die Datenbasis für Silomais wurde in den Jahren 2001-2003 in einem Feldversuch (Blockanlage, zwei Wiederholungen) auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel erhoben. Insgesamt 150 kg N/ha/Jahr wurden in drei Teilgaben vor dem 6/8-Blatt Stadium ausgebracht. An sechs Terminen innerhalb der Vegetationsperiode (1 Termin vor, 5 nach der Blüte) wurden jeweils zehn Pflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert, gehäckselt, gefriergetrocknet und anschließend auf 1 mm vermahlen. Die Gehalte an auswaschbarem N wurden mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) geschätzt. Werte zur Kalibration und Validation wurden durch Filtration nach Gierus et al. (2005) ermittelt; NPN wurde als Differenz zwischen Gesamt-N und N im Rückstand errechnet. Die Gehalte der Gesamtpflanze resultieren aus den Anteilen von Kolben und Restpflanze und ihren entsprechenden Gehalten. Die Gehalte wurden varianzanalytisch mit der Prozedur „mixed model“ des Programmpakets SAS verrechnet. Paarweise Mittelwertvergleiche wurden mit t-test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur durchgeführt.

Die Datenbasis der Leguminosen Weißklee, Rotklee, Hornklee Luzerne und Kaukasusklee [*Trifolium ambiguum*] wurde anhand eines einjährigen Feldversuchs (Blockanlage mit drei Wiederholungen) im Jahr 2003 auf dem Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel erhoben. Da die Leguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras angebaut wurden, erfolgte zunächst eine Fraktionierung der Proben in Leguminose, Gras und Kräuter. Die Proben wurden bei 60°C getrocknet und auf 1 mm vermahlen. Die Fraktion A der Leguminosen wurde mit einer 10%igen Wolframatlösung nach Licitra et al. (1996) bestimmt und NPN als Differenz vom Gesamt-N der Probe und N im Rückstand errechnet. Bei signifikantem F-Wert ($P < 0.05$) wurden die Mittelwerte anhand eines Student t-Tests gegen Weißklee geprüft und nach Bonferroni-Holm Test korrigiert.

* Inst. für Pflanzenbau und –züchtung –Grünland und Futterbau/Ökolog. Landbau- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich des Verlaufs der Gehalte an Fraktion A in der Vegetationsperiode von Mais und den untersuchten Leguminosenarten spiegelt den unterschiedlichen N-Metabolismus von fixierenden und nicht-fixierenden Futterpflanzen wider. Mais nimmt einen Großteil des Stickstoffs bereits vor der Blüte auf. Nach der Blüte ist der N-Haushalt geprägt durch eine reduzierte N-Aufnahme sowie durch die Re-Allokation von N aus den vegetativen Pflanzenteilen in das sich entwickelnde Maiskorn. Aufgrund des schnellen Transfers der NPN-Verbindungen in das Korn, der hohen Enzymaktivität und der intensiven Stärkeeinlagerung in den Kolben ist im Vegetationsverlauf von Mais keine Akkumulation der Fraktion A zu beobachten, sondern die Gehalte der Gesamtpflanze weisen eine kontinuierliche Abnahme von 31-36% vor der Blüte auf Werte von 16-21% am letzten Erntetermin auf. Neben den signifikant höheren Gehalten der Sorte Clarica sind keine weiteren Sortenunterschiede in der Gesamtpflanze zur Siloreife abzusichern.

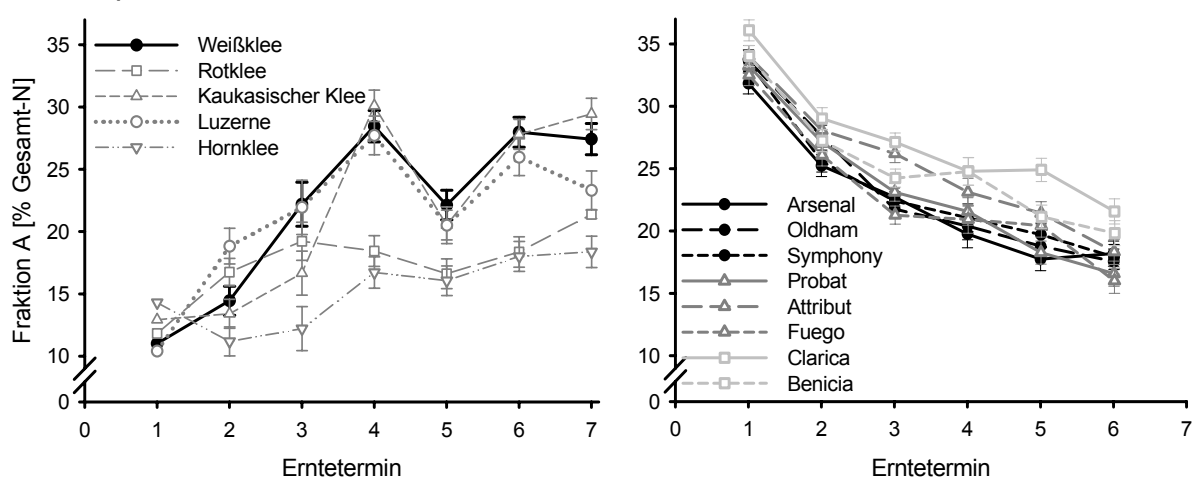


Abb.1: Fraktion A in % des Gesamt-N bei ausgesuchten Futterleguminosen und in der Gesamtpflanze unterschiedlicher Silomaisorten.

Im Gegensatz zu Silomais ist bei den Futterleguminosenarten eine Zunahme der Gehalte an Fraktion A im Vegetationsverlauf zu verzeichnen. Dieser Effekt ist begründet durch den unterschiedlichen N-Metabolismus, d.h. der N-Fixierung, die stark durch Umweltbedingungen wie Temperatur und Bodenfeuchte beeinflusst wird. Darüber hinaus findet ebenfalls eine N-Remobilisierung aus den vegetativen Pflanzenteilen in die sich entwickelnden Samen statt. Von der Weidereife (Termin 2, vegetativ) bis zur Siloreife (Termin 4, vegetativ/Beginn Blüte) wiesen die Gehalte an Fraktion A eine deutliche Zunahme auf und zeigten bis zur Heureife (Termin 6, Blüte/Ende Blüte) nur noch eine geringe Veränderung. Statistisch absicherbare Unterschiede ergaben sich für den Vergleich Hornklee – Weißklee ab dem 3. Termin (Abb. 1). Für Rotklee hingegen konnte ab Termin 4 ein geringerer Gehalt an Fraktion A abgesichert werden. Zur Siloreife weist Silomais (Termin 5/6) also einen etwas höheren Anteil an Fraktion A auf als Rotklee und Hornklee, aber einen deutlich geringeren Anteil als Weißklee, Luzerne und Kaukasischer Klee.

Literatur

- Gierus, M., De Jonge, L. Meijer, G.A.L., 2005. Physico-chemical characteristics and degradation rate of soluble protein obtained from the washout fraction of feeds. *Livest. Prod. Sci.* (in press).
- Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 57: 347-358.

Winterbeweidung und ihr Effekt auf die Permeabilität des Oberbodens

Gerhard Schlimbach & Wilhelm Opitz von Boberfeld*

Einleitung

Winteraußenhaltung von Mutterkühen und Schafen ist nur auf Böden möglich, die eine ausreichende Trittfestigkeit und gute Entwässerungseigenschaften aufweisen. Geeignet sind hierfür flachgründige und sandreiche Böden, wie z.B. Rendzinen, Ranker oder Sandbraunerden (Opitz v. Boberfeld 2001). Eine Beweidung bei hoher Bodenfeuchte und Besatzdichte wirkt bodenverdichtend und kann eine Abnahme der Wasserleitfähigkeit (= k_f) und der Luftleitfähigkeit (= k_a) zur Folge haben (Horn 1985). Das Ziel der Untersuchung ist festzustellen, welchen Einfluss die Tierart und der Beweidungstermin im Winter auf die oberflächennahe Bodenverdichtung hat. Als Zielgrößen werden k_f und k_a dargestellt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden im Winter 2004/2005 auf Winterweiden im Westerwald (= Elkenroth) und im Großraum Gießen (= Linden) statt, vgl. Tab. 1. In Elkenroth weist die Fläche eine geringe Hanglage auf. Als Bodentyp steht eine pseudo-vergleyte Parabraunerde an. In Linden ist die Fläche dem Bodentyp Gley zuzuordnen. Die Parzellen wurden mit einer Besatzdichte von 1.510 kg metabolischer Körpermasse ha^{-1} beweidet. Nach den Beweidungen wurden je Parzelle acht Proben in 100 cm^3 -Stechringen den Schichten 5-10 cm und 15-20 cm, sowie einer Kontroll-

variante vor der Beweidung entnommen. An den ungestörten Stechzylinderproben wurde der k_f - und der k_a -Wert nach der Methode von Kmoch & Hanus (1965) bestimmt. Um eine Aussage über die jeweilige Bodenschicht treffen zu können, wurden die Schichten getrennt verrechnet.

Tab. 1: Varianten

Faktoren	Stufen
1. Weidetermin	1.1 Vor der Beweidung (Kontrolle)
	1.2 Ende September (31. – 41. Woche)
	1.3 Ende November (47. – 49. Woche)
	1.4 Ende Dezember (51. – 1. Woche)
2. Bodenschicht	2.1 5-10 cm
	2.2 15-20 cm
3. Tierart	3.1 Rind (= Elkenroth, 470 m ü. NN)
	3.2 Schaf (= Linden, 160 m ü. NN)

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 ist der k_f -Wert und in Abb. 2 der k_a -Wert für die Tierart „Rind“ in Abhängigkeit vom Beweidungstermin dargestellt. Für die Schicht 5-10 cm unterscheidet sich der k_f -Wert der Kontrolle signifikant von den Werten der Beweidungstermine. Für die Schicht 15-20 cm sind die Differenzen nicht gesichert. Dies bestätigt sich auch beim k_a -Wert für die Schicht 15-20 cm. In der Schicht 5-10 cm weist der k_a -Wert der Kontrolle den höchsten Wert auf und unterscheidet sich signifikant vom Sep./Okt.- und Nov./Dez.-Termin. Zum Termin Dez./Jan. war der Boden gefroren, sodass hier keine Beeinträchtigung stattfand. Die Beweidung von Rindern auf einer pseudovergleyten

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Parabraunerde wirkt sich hier aufgrund der Körpermasse von Rindern nur auf die oberste Schicht aus.

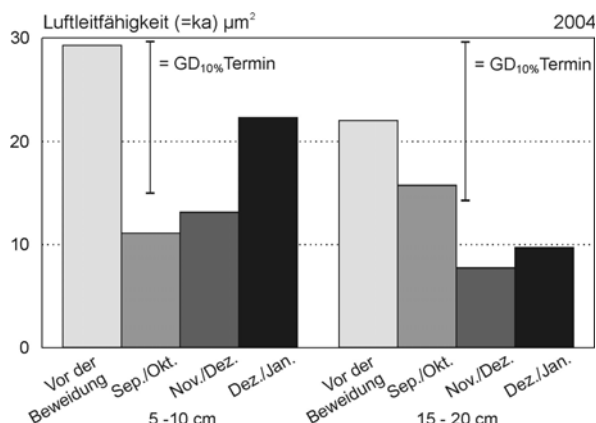
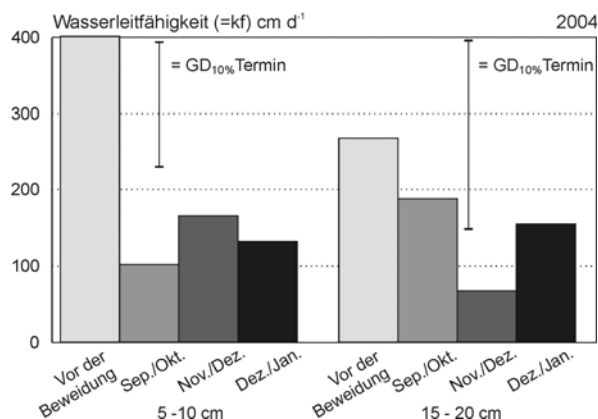


Abb. 1: Wasserleitfähigkeit Rinderweide **Abb. 2:** Luftleitfähigkeit Rinderweide

Die Werte für die Tierart „Schaf“ sind in Abb. 3 und Abb. 4 dargestellt. Der Faktor Beweidungstermin ist sowohl für den kf-Wert als auch für den ka-Wert die wichtigste Varianzursache. Während der kf-Wert für die Schicht 5-10 cm zwischen den Terminen nicht gesichert ist, tritt in der Schicht 15-20 cm zwischen der Kontrolle und dem Nov./Dez.- und Dez./Jan.-Termin ein signifikanter Unterschied auf. Dies wird bei der Messung der ka-Werte ebenfalls bestätigt. Hier weisen die Werte nach der November- bzw. Dezemberbeweidung nur 50% Luftleitfähigkeit gegenüber der Kontrollvariante auf.

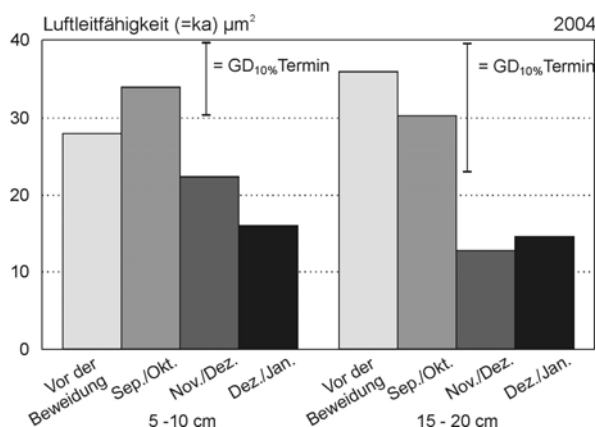
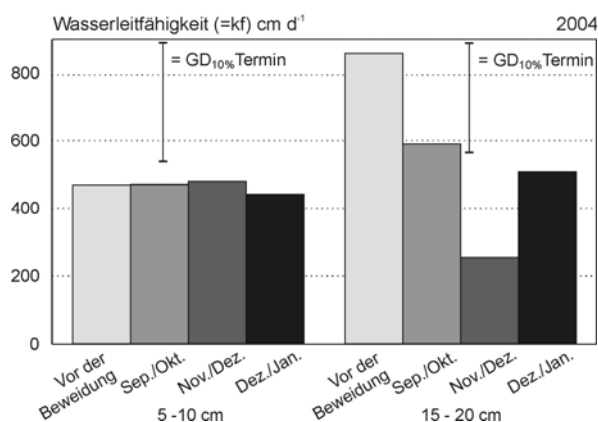


Abb. 3: Wasserleitfähigkeit Schafweide **Abb. 4:** Luftleitfähigkeit Schafweide

Literatur

- Horn, R., 1985: Die Bedeutung der Trittvdrdichtung durch Tiere auf physikalische Eigenschaften alpiner Böden. – Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 26: 42-51.
- Kmoch, H.G. und H. Hanus, 1965: Vereinfachte Methodik und Auswertung der Permeabilitätsmessung des Bodens für Luft. – Z. für Pflanzenernährung Bodenkunde 111: 1-10.
- Opitz v. Boberfeld, W., 2001: Grassland management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. – Grassl. Sci. Poland 4: 137-147

Ertragsbildung und Futterqualität unter Einfluss verschiedener Nutzungshäufigkeit in Grasland-Ökosystemen der Inneren Mongolei

Anne Schiborra, Martin Gierus & Friedhelm Taube*

Einleitung

Die DFG-Forschergruppe MAGIM (Matter fluxes in grasslands of Inner Mongolia as influenced by stocking rate; www.magim.net) arbeitet seit Mai 2004 in der Inneren Mongolei, V.R. China. Der Standort befindet sich auf dem mongolischen Plateau (etwa 1000 bis 1200 m ü.N.N). Mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 1,7°C und durchschnittlichen Niederschlägen von 320 mm im Jahr, ist dort eine semi-aride Steppenlandschaft anzutreffen. Das Ziel des Projekts ist die Analyse der Folgen der massiven Überbeweidung in der Region, sowie die Prüfung möglicher Gegenmaßnahmen. Eine Folge ist die geringer werdende Produktivität des Graslands, die das Problem der Überbeweidung weiter verschärft. Vor diesem Hintergrund führt die Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie der Universität Kiel, einen Beweidungsversuch durch. In Vorbereitung auf diesen Versuch, der im Juni 2005 startete, wurde 2004 ein Vorversuch durchgeführt. Der Schwerpunkt lag auf der Bestimmung der Ertragsbildung und Futterqualität der Hauptbestandbildner. Ergebnisse daraus werden im Folgenden vorgestellt.

Material und Methoden

Es wurden 3 Behandlungen in einer randomisierten Blockanlage, mit 4-facher Wiederholung geprüft. Die Behandlungen unterschieden sich in ihrer Nutzungshäufigkeit:

- Behandlung I wurde einmal, am Ende der Vegetationsperiode (Mitte/Ende September) geschnitten
- Behandlung II wurde alle 6 Wochen geschnitten (simulierte, moderate Beweidungsintensität)
- Behandlung III wurde alle 3 Wochen geschnitten (simulierte, hohe Beweidungsintensität)

Die Schnitte wurden mit einem Rasenmäher bis auf 2,5 cm Höhe ausgeführt. Die Beprobung der Behandlungen I und II erfolgte im Abstand von 2 Wochen, Behandlung III wurde alle 3 Wochen beprobt, jeweils vor dem Schnitt. Die ersten 3 Beprobungen wurden in allen Behandlungen zum gleichen Zeitpunkt ausgeführt, da erst ab Anfang Juli geschnitten werden konnte.

Bei der Beprobung wurden pro Plot vier $\frac{1}{4}$ m² große Quadrate in der Fläche verteilt und bis auf 1 cm Höhe geschnitten. Die Biomasse wurde in 4 Fraktionen aufgeteilt: die Hauptarten *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* (je ca. $\frac{1}{3}$ des Bestands) alle restlichen Arten und das nekrotische Material. Im Juli und im September erfolgte eine Aufnahme der botanischen Zusammensetzung. Dabei wurden alle Arten getrennt voneinander erfasst. Die Proben der 4 Fraktionen wurden bei 60°C für 24 Stunden im Trockenschrank getrocknet und im Anschluss mit einer Zentrifugalmühle auf 1 mm vermahlen. In Kiel wurden alle Proben mit dem Nah-Infrarot-Spektrometer (NIRS) gescannt. An ausgewählten Proben wurden dann verschiedene nasschemische Qualitätsanalysen durchgeführt. Unter anderem wurde der Gesamt-N-Gehalt im C/N-Analyser gemessen, und aus diesem dann der Rohproteingehalt (N x 6,25) er-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

rechnet. Die Einzelbeobachtungen wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Bei signifikantem F-Wert ($P < 0,05$) wurden die entsprechenden Mittelwerte anhand eines Student t-Tests geprüft, und nach Bonferroni-Holm korrigiert.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind die ermittelten Erträge der 3 Behandlungen, und die Botanische Zusammensetzung (4 Fraktionen) im September, zusammengefasst. Für Behandlung I wurde der Ertrag zum ortsüblichen Heuschnittzeitpunkt (Mitte/Ende August) berücksichtigt, für die simulierten Beweidungen der letzte Beprobungstermin Mitte September am Ende der Vegetationszeit.

Tab. 1: Ertrag (g TM/m²) und Botanische Zusammensetzung (% d. TM)

Behandlung	I	II	III	SE
Ertrag 2004 (g TM/m²)				
	217,4 ^b	291,1 ^a	296,9 ^a	5,88
Botanische Zusammensetzung September 2004 (% d. TM)				
<i>Stipa grandis</i>	32 ^a	27 ^a	25 ^a	1,51
<i>Leymus chinensis</i>	28 ^a	22 ^a	28 ^a	1,03
Restliche Arten	28 ^b	51 ^a	47 ^a	2,22
Nekrotisches Material	12	0	0	0,48

Ein Mehrertrag von etwa 800 kg/ha kann für Behandlung II und III gegenüber Behandlung I statistisch gesichert ($P < 0,05$) werden, der Ertrag kann durch die Nutzung also gesteigert werden. Die Anteile an *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* in den Behandlungen sind in etwa gleich, der Anteil an anderen Arten an der TM steigt in den Behandlungen II und III signifikant an. Grund dafür ist, dass Arten die bodennah wachsen, durch den Schnitt bessere Lichtverhältnisse vorfinden und sich besser entwickeln können.

Aus den ermittelten Qualitätsparametern werden die mittleren Rohproteingehalte vorgestellt.

Tab. 2: mittlere Rohproteingehalte (% d. TM)

Art	Behandlung		
	I	II	III
<i>Stipa grandis</i>	7,93 ^a	13,26 ^b	14,90 ^c
<i>Leymus chinensis</i>	7,52 ^a	14,96 ^b	15,99 ^b
Restliche Arten	7,58 ^a	12,16 ^b	14,24 ^c

$P < 0,05$; SE = 0,44

Für *Stipa grandis* und die Restlichen Arten lassen sich die Unterschiede zwischen allen Behandlungen statistisch sichern, während der Unterschied bei *Leymus chinensis* nur zwischen Behandlung I und den beiden anderen signifikant ist. In Behandlung I bleibt der mittlere Rohproteingehalt, wie zu erwarten niedrig, da das Material immer älter wird. Durch die simulierte Beweidung in Behandlung II und III kommt es nicht zu Alterungsprozessen, das Pflanzenmaterial bleibt jung und der mittlere Rohproteingehalt damit hoch.

Es konnte gezeigt werden, dass eine höhere Nutzungsintensität zu höheren Erträgen führt. Der Rohproteingehalt wurde durch die Nutzung positiv beeinflusst.

Räumliche Heterogenität einer Umtriebsweide

Bettina Tonn & Ulrich Thumm*

Einleitung

Tierische Exkremente führen auf Weideflächen zur Umverteilung und Konzentration von Nährstoffen (Schnyder et al. 2002). Da die Zahl der Exkremente an einem Ort stark mit der von Weidetieren an diesem Ort verbrachten Zeit korreliert ist (White et al. 2001), bietet sich die Exkrementdichte auch als Indikator für die allgemeine Weideintensität an, welche den Pflanzenbestand außer durch Nährstofftransfer auch durch Verbiss und Tritt beeinflusst.

Im Folgenden wurde eine von Rindern beweidete Umtriebsweide mit Gehölzstrukturen und unterschiedlich starker Hangneigung untersucht. Überprüft wurde, ob sich räumliche Unterschiede in der Exkrementdeposition nachweisen lassen und welchen Einfluss diese auf Bodennährstoffgehalt und Pflanzenbestand haben.

Material und Methoden

Auf der 5 ha großen Untersuchungsfläche wurden in den Jahren 2003 und 2004 nach jedem Weidegang alle Kotstellen mittels eines GPS-Gerätes kartiert. Über die gesamte Fläche hinweg wurden in einem 10x10 m-Raster Bodenproben genommen und auf pH, P, K, Mg, C_{org} und N_{org} untersucht. Die Frequenz der auftretenden Pflanzenarten (Prozent der 25 Kleinquadrate eines 1 m² großen Untersuchungsrahmens, in denen die Art auftrat) wurde in einem 30x10 m-Raster erhoben. Die Ergebnisse wurden mit ArcGIS, 9.0 und in Form einer PCA mit CANOCO 4.5 ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Eine Karte der Exkrementdichte (Abb. 1) zeigt deutliche Unterschiede zwischen hoher Exkrementdichte im relativ ebenen Abschnitt im nordwestlichen Teil der Weide, wo sich auch das Koppeltor befindet, und geringer auf den steileren Flächen im südlichen Teil. Eine Abnahme erfolgt auch nach Osten mit zunehmender Entfernung von Tor, Futterraufe und Gehölzgruppen.

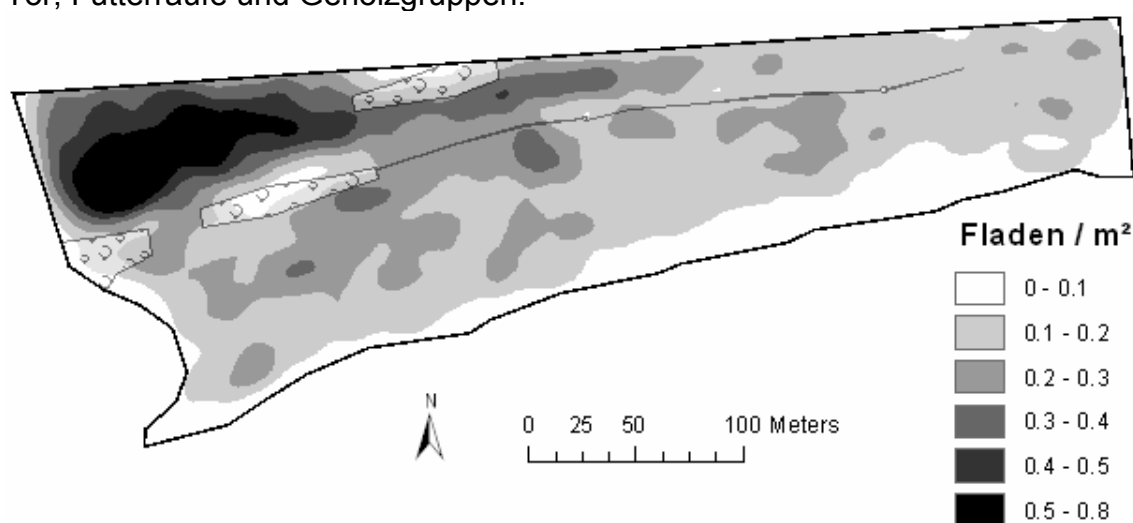


Abb. 1: Karte der untersuchten Umtriebsweide mit summierter Dichte der Kuhfladen im Jahr 2003

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Tab. 1: Schätzwerte für die Ertragsanteile der Gräser, Kräuter und Leguminosen sowie der drei wichtigsten Grasarten [%]

	Median	1. Quartil	3.Quartil
Gräser	98,00	92,00	99,00
Kräuter	2,00	0,20	8,00
Leguminosen	0,20	0,20	0,20
<i>Lolium perenne</i>	55,00	40,00	75,00
<i>Poa trivialis</i>	10,00	3,25	15,00
<i>Poa pratense</i>	0,20	0,00	7,50

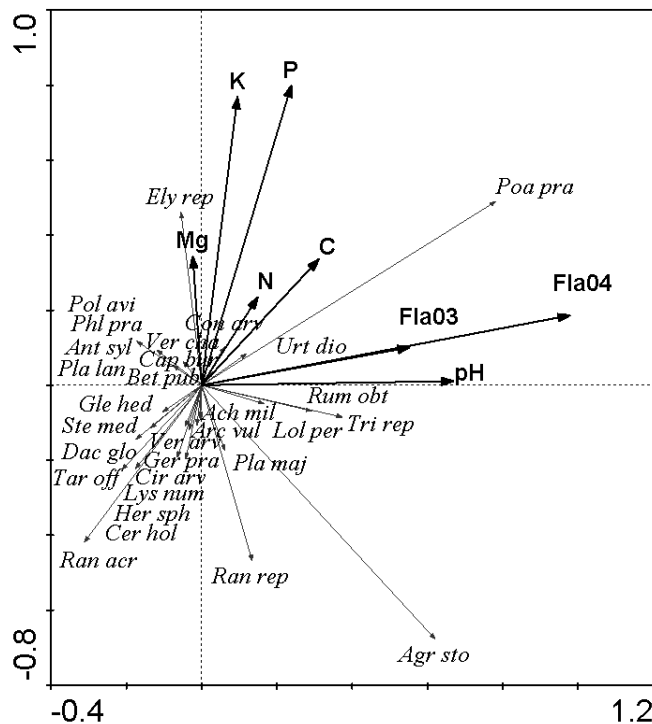


Abb. 2: PCA der Frequenzen der 35 häufigsten Pflanzenarten, der Bodennährstoffe P, K und Mg, des Gehalts an organischem C und N sowie der Exkrementdichten in den Jahren 2003 und 2004 (*Fla03* bzw. *Fla04*)

Der Pflanzenbestand ist sehr grasreich (Tab.1). Von den 17 Arten, die auf mindestens zehn der 172 Aufnahme­flächen auftreten, weisen *Lolium perenne* und *Poa trivialis* zusammen einen Ertragsanteil von 90 % auf.

Die PCA zeigt für die meisten Arten eine relativ geringe Korrelation mit den beiden Hauptkomponenten. Der stärkste positive Zusammenhang mit der Exkrementdichte findet sich bei *Poa pratense* (*Poa pra*) und *Trifolium repens* (*Tri rep*). *Ranunculus acris* ist mit diesem Parameter negativ korreliert. *Elymus repens* (*Ely rep*) weist dagegen eine stärkere Korrelation mit den Nährstoffen Mg, K und P auf.

Während die Exkrementdichten der beiden Jahre exakt gleichgerichtete Vektoren besitzen, ist der geringe Zusammenhang zwischen diesen und den Vektoren der Bodennährstoffgehalte auffällig. Ursache dafür ist könnte eine relative hohe Zufuhr von organischem und mineralischem Dünger in den vergangenen 30-40 Jahren sein, welche den Einfluss des Nährstofftransfers durch die Exkremente der Weidetiere überlagert. Diese Vermutung wird durch teilweise sehr hohe Nährstoffgehalte im Boden bestätigt.

Literatur

- Schnyder, H.; K. Auerwald; F. Mayer & M. Lötcher 2002: Der Nährstoffhaushalt einer extensiv bewirtschafteten Weide. In: P. Schröder, B. Huber & J.C. Munch (Hrsg.): Erfassung, Prognose und Bewertung nutzungsbedingter Veränderungen in Agrarökosystemen und deren Umwelt. Forschungsverbund Agrarökosysteme München. FAM-Bericht 55:19-22.
- White, S. L.; R.E. Sheffield; S.P. Washburn; L.D. King & J.T. Green 2001: Spatial and time distribution of dairy cattle excreta in an intensive pasture system. J. Environ. Qual. 30: 2180-2187.

Untersuchung der Standortwirkung auf das Vorkommen von Weißklee in einem ökologisch bewirtschafteten Grünlandbestand

S. Gottardi, T. Fricke & M. Wachendorf*

Einleitung

Das Vorkommen und die Etablierung von Weißklee (*Trifolium repens* L.) spielt für die Stickstoffversorgung von Grünlandbeständen und auch die Qualität des Futters im ökologischen Landbau eine entscheidende Rolle. Die Ertragsanteile von Weißklee weisen innerhalb eines Bestandes kleinräumige und unregelmäßige Variationen auf, die auf Standorteigenschaften und Bewirtschaftungseffekten sowie interspezifischer Konkurrenz beruhen. Bei einheitlicher Nutzung einer Grünlandfläche mit großer Variabilität der Standorteigenschaften stellen die standortspezifischen Parameter die Haupteinflussgrößen dar. Im Rahmen dieser Studie wurden auf der Basis räumlicher Erhebungen mittels multipler Regressionsanalyse Beziehungen zwischen Standort und Weißkleeertragsanteilen ermittelt.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde auf 1998 einheitlich angesättem Dauergrünland (*Lolium perenne* früh/mittel/spät je 1 kg/ha, *Festuca pratensis* 4 kg/ha, *Dactylis glomerata* 3 kg/ha, *Phleum pratense* 1,5 kg/ha, *Poa pratensis* 3 kg/ha, *Festuca rubra* 2 kg/ha, *Trifolium repens* 4 kg/ha) im mitteldeutschen Hügelland nach vier Jahren weitgehend einheitlicher Nutzung als extensive Mähweide durchgeführt. Die 20 ha große Grünlandfläche gehört zum ökologisch bewirtschafteten Versuchsgut „Domäne Frankenhäuser“ der Universität Kassel und liegt 218 - 251 m ü. NN bei durchschnittlich 650 mm Jahresniederschlag und 8,5°C Jahresdurchschnitts-temperatur. Sie ist durch ein Gelände mit Hangneigungen bis zu 20% gekennzeichnet und vorwiegend in nordwestliche Richtung exponiert. Die räumliche Erhebung der Grünlandfläche wurde in einem Raster (50m) von 97 Punkten bei einer Probenflächengröße von 1 m² durchgeführt. Seit 2001 erfolgte an diesen Punkten vor dem ersten Schnittzeitpunkt die Erfassung der Bestandeszusammensetzung (Ertragsanteilschätzung) nach KLAPP/STÄHLIN. Außerdem wurden folgende Bodenparameter erfasst: pH-Wert (CaCl₂), Mg- (CaCl₂), K- (CAL), P-Gehalt (CAL); N_t-Gehalt (Elementaranalysator) sowie die geschätzte Tonkornfraktion des Bodens. Für die Untersuchung der Etablierung von *Trifolium repens* innerhalb der Jahre 2001-2003 wurde eine multiple Regressionsanalyse (SAS Institute, 1997) durchgeführt. Zur Bestimmung des Einflusses auf Weißkleeertragsanteile wurden in das Modell nicht nur die Haupteffekte, sondern auch ihre Wechselwirkungen einbezogen. Das Modell wurde schrittweise auf die signifikanten Effekte (p<0.05) reduziert. Als Haupteffekte wurden die chemischen Bodenwerte sowie die geschätzte Tonkornfraktion ausgewählt. Die Wirkung einzelner signifikanter Effekte aus der Regressionsgleichung wurde als Graphik visualisiert (CONNOLLY and WACHENDORF, 2001).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt zeigte sich ein rückläufiger Trend in der flächenmäßigen Kleeausbreitung, der besonders in kleereichen Arealen sehr deutlich wurde. Der maximale Anteil von

* Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Nordbahnhofstrasse 1a, 37213 Witzenhausen, Email: gottardi, fricke, mwach@mail.wiz.uni-kassel.de

Trifolium repens lag bei 56,6% im Jahr 2001 bei durchschnittlichen Ertragsanteilen von 22,2%. In den folgenden Jahren lag er im arithmetischen Mittel mit 15% (2002) und 15,9% (2003) niedriger, blieb dabei jedoch relativ konstant.

Im Laufe der Jahre wurde der anfangs eindeutig positive Einfluss der Tonfraktion auf die Weißkleeertragsanteile von weiteren Parametern wie z.B. dem Mg-Gehalt überlagert (Tab. 1 und Abb. 1). Zwischen den Weißkleeertragsanteilen und einem pH-Wert zwischen 6,5 und 7,2 zeigte sich in allen Jahren ein positiver Zusammenhang. Ähnliche Ergebnisse stellte auch SNAYDON (1962) in seinen Untersuchungen fest, jedoch für pH-Werte zwischen 4,1 und 5,6. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden sowohl in 2001 als auch in 2002 negative Beziehungen zwischen P-Gehalt und Weißkleeanteil festgestellt. Eine der möglichen Erklärungen dafür dürfte in der Konkurrenz mit leistungsfähigeren Gräsern liegen. Bei hohen P-Gehalten des Bodens sind Gräser vermutlich besonders konkurrenzfähig und unterdrücken die Ausbreitung des Weißkleees (ACUÑA and WILMAN, 1993). Offensichtlich konkurrieren diese Gräser mit *Trifolium repens* gerade bei pH-Werten zwischen 6,0 und 6,5, wo die Bedingungen für die P-Mobilität am günstigsten sind. Dagegen konnte sich *Trifolium repens* bei gleichzeitig niedrigen P-Gehalten und hohen pH-Werten besser als die Gräser etablieren.

Tab. 1: Schätzwerte der Parameter im Modell für Weißklee der Jahre 2001-2003 (Abkürzungen: Est. - Schätzwerte; S.E. - Standardfehler; Sign. - Signifikanz)

Parameter	2001			2002			2003		
	Est.	(S.E.)	Sign.	Est.	(S.E.)	Sign.	Est.	(S.E.)	Sign.
Achsenabschnitt	-21.68	(± 4.25)	***	-229.25	(± 104)	*	-22.54	(± 4.64)	***
pH-Wert	2.80	(± 0.64)	***	62.79	(± 30.3)	*	2.00	(0.66)	**
P-Gehalt	-0.05	(± 0.02)	*	-0.05	(± 0.02)	*	NS		
Mg-Gehalt	NS			0.14	(± 0.08)	NS	0.16	(± 0.07)	*
Tonfraktion	0.05	(± 0.02)	**	0.22	(± 0.08)	**	0.24	(± 0.08)	**
pH-Wert x pH-Wert	NS			-4.41	(± 2.19)	*	NS		
Mg-Gehalt x Tonfraktion	NS			-0.01	(± 0)	*	-0.01	(± 0)	*

* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001; NS - nicht signifikant.

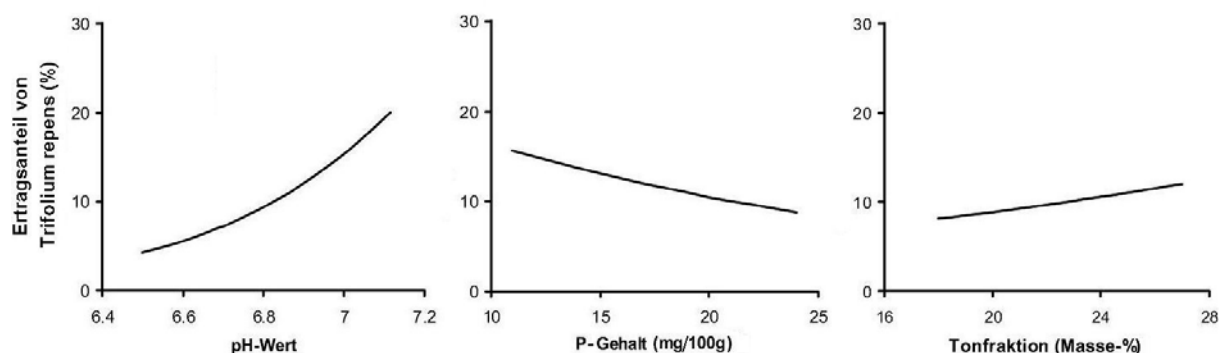


Abb. 1: Einfluss von pH-Wert, P-Gehalt und Tonfraktion auf die Ertragsanteile von *Trifolium repens* im Jahr 2001

Literatur

- Acuna, P. and D. Wilman 1993: Some effects of added phosphorus on perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science* 48: 416-420.
- Connolly, J. and M. Wachendorf 2001: Developing multisite dynamic models of mixed species plant communities. *Annals of Botany* 88: 703-712.
- Snaydon, B. R. 1962: Micro-distribution of *Trifolium repens* L. and its relation to soil factors. *Journal of Ecology* 50(1): 133-143.

Pflanzensoziologische Beurteilung eines 35-jährigen NK-Grünlandversuches im niederösterreichischen Alpenvorland

Undrakh-Od Baatar¹⁾, P. Liebhard²⁾, B. Klug¹⁾ & J. Zöchbauer³⁾

Einleitung

Die ursprüngliche Nutzungsform des Grünlandes war die Weidewirtschaft, wobei meist keine Düngung erfolgte, da die geringen verfügbaren Stallmistmengen auf die Ackerflächen kamen. Die zwei- und mehrschürigen Wiesen entwickelten sich meist erst nach einer Düngungsperiode. Ab der Mitte des vergangenen Jahrhunderts kam es in den industrialisierten Ländern zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion. Für das Grünland bedeutete das eine Erhöhung der Schnitzzahl und der Düngung. Die Veränderungen einer intensiven Grünlandbewirtschaftung sind erkennbar an der speziellen botanischen Zusammensetzung, der Narbenqualität, der Futter- bzw. Energieerträge und vor allem an der Energiedichte des Futters.

Ziel der ausgewählten Ergebnisse war es, die Auswirkungen einer langjährigen einseitigen oder kombinierten NK-Düngung auf die Veränderung der Artenzusammensetzung aufzuzeigen.

Material und Methoden

Grundlage der Beurteilung ist ein im Frühjahr 1970 an der landwirtschaftlichen Fachschule Gießhübl bei Amstetten angelegter Feldversuch (Spaltanlage mit 4 Wiederholungen, Parzelle/ 20 m²). Klimatisch gehört Amstetten zum semihumiden Klimaraum (230 Vegetationstage) mit pannonischem Einschlag, mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,5 °C und einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 870 mm.

Der Bodentyp ist ein schwach humoser schwerer Pseudogley auf Decklehm mit träger Wasserführung, pH 6,4 (KCl), carbonatfrei. Die Versuchsfläche ist ein wechselfeuchter Standort, er zeigt nach starken Niederschlägen oberflächlichen Wasserstau, nach längeren Trockenperioden einen stark verfestigten Boden. Der Oberboden (0 bis 10 cm) ist humos, der Unterboden (von 10 bis 25 cm Bodentiefe) schwach humos. Ausgangslage bei den bodenchemischen Kennzahlen war: P₂O₅ 50 mg, K₂O 30 mg (CaL), MgO 15 mg (Schachtschabel), Kalifixierung (nass) 15 mg.

Versuchsfaktoren (9 Versuchsglieder):

Faktor A Kalidüngung: K₀ (ohne Kalidüngung), K₁₅₀ (150 kg/ha K₂O als 40er Kali), K₃₀₀ (300 kg/ha K₂O als 40er Kali)

Faktor B Stickstoffdüngung: N₀ (ohne Stickstoffdüngung), N₁₀₀ (100 kg/ha N als Kalkammonsalpeter), N₂₀₀ (200 kg/ha N als Kalkammonsalpeter)

Kali wird im Herbst gedüngt, Stickstoff bei Variante N₁₀₀ (2–schnittig*) je 50 kg/ha zu erstem und zweitem Aufwuchs, bei Variante N₂₀₀ (3–schnittig*) je 70 kg/ha zu erstem und zweitem Aufwuchs, 60 kg/ha zum dritten Aufwuchs.

*Schnittzeitpunkt: Beginnende Vergilbung der bodennahen Blätter bzw. Lagerung des Bestandes des Versuchsgliedes N₂₀₀K₃₀₀. Die pflanzensoziologischen Aufnahmen nach LONDO (1976) wurden ca. eine Woche vor dem Schnitt durchgeführt.

¹⁾ Department für Integrative Biologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

²⁾ Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien

³⁾ Landwirtschaftliche Fachschule Gießhübl, A-3300 Amstetten

Ergebnisse und Diskussion

Der Standort weist für die Grünland Futterproduktion eine hohe natürliche Produktionskraft auf. Die ungedüngten Parzellen (N_0K_0) und die stickstofffreien Düngerparzellen (N_0K_{150} , N_0K_{300}) wurden durch die häufige Schnittnutzung (10 Jahre drei Schnitte, darnach 25 Jahre zwei Schnitte) ausgehagert. Durch die unterschiedlich hohe Stickstoff- und Kalidüngung kam es in den ersten fünf Versuchsjahren zu keiner wesentlichen Artenverschiebung, wohl aber zu einer Veränderung des Kräuter- und Leguminosenanteils (Tab. 1).

Tab. 1: Wirkung einer unterschiedlichen Stickstoff- und Kalidüngung auf die Bestandeszusammensetzung in %, 1. Schnitt (GRUBER 1979)

Fruchtart Jahr	K0N0	K0 N100	K0 N200	K150 N0	K150 N100	K150 N200	K300 N0	K300 N100	K300 N200
Gräser									
1972	45	60	77	45	65	75	35	50	73
1975	31	40	80	40	70	55	35	58	80
Kräuter									
1972	45	33	17	30	25	20	25	30	22
1975	62	60	20	35	25	42	35	39	19
Leguminosen									
1972	10	7	6	25	10	5	40	20	5
1975	7	0	0	25	5	3	30	3	1

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen der Jahre 2004 und 2005 nach LONDO (1976) zum ersten Schnittzeitpunkt zeigen, dass es nach der 35-jährigen unterschiedlichen Stickstoff-Kalidüngung zu einer deutlichen Verschiebung des Artenverhältnisses und auch innerhalb der Arten kam.

Gräser: Mit steigendem Stickstoffdüngerangebot erhöhte sich der Gräseranteil. In den mit Stickstoff ungedüngten Parzellen (N_0K_0 , N_0K_{150} , N_0K_{300}) kam es zu einer deutlichen Abnahme des Anteils der wertvollen Futtergräser, bei den minderwertigen Futtergräsern und den grasartigen Pflanzen erhöhte sich hingegen der Anteil. Kalium beeinflusst weder in geringer noch in hoher Düngermenge den Gräseranteil, auch nicht die Artenverteilung.

Leguminosen: Mit steigender Stickstoffdüngung wurden die Leguminosen ($N_{100}X$, $N_{200}X$) beinahe vollständig verdrängt. Der Leguminosenanteil hat sich auch in den Kalidüngeparzellen (N_0K_{150} , N_0K_{300}) gegenüber den Ausgangswerten vermindert. Neben den vier ursprünglichen Arten (*Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Trifolium dubium*, *Lotus corniculatus*) sind zwei Wickenarten (*Vicia cracca*, *Vicia sepium*) und die Wiesen-Platterbse (*Lathyrus pratensis*) hinzugekommen.

Kräuter: Auf allen Parzellen ist die Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) eingewandert. Der Anteil wertvoller Kräuter sank mit steigender Stickstoffdüngung deutlich ab. Bei hoher N-Düngung ($N_{200}X$) nahm das Labkraut (*Galium mollugo* s.str.) stark und der Kriech-Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) in geringem Ausmaß zu. In den stickstofffreien Düngeparzellen (N_0K_0 , N_0K_{150} , N_0K_{300}) kam es zu einer extremen Ausbreitung des Rauhen Löwenzahns (*Leontodon hispidus*). Bei steigendem Kaliangebot war nur bei der Variante $N_{100}K_{300}$ ein positiver Effekt auf den Kräuteranteil feststellbar.

Literatur

- GRUBER, P. (1979): Ein Beitrag zur Klärung der Wirkung der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Kalium auf Grünland. Die Bodenkultur **30**, 352-376.
LONDO, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. Vegetatio **33**, 61-64.

Diversität höherer Pflanzen auf typischen Grünlandstandorten in Mecklenburg-Vorpommern

Lisa Dittmann & Renate Bockholt*

Einleitung

Der Einfluss von Standortfaktoren auf die Pflanzenartenvielfalt wird an 1573 Habitataufnahmen (25 m² bzw. 10 m² bei Parzellenversuchen) in Mecklenburg-Vorpommern (Tab.1) mit dem Ziel einer Systematisierung und Bewertung der Pflanzenbestände nach Grünlandtyp, Feuchtegruppe und Nutzungsart untersucht.

Material und Methoden

Verrechnung der Basisdaten mit einem EXCEL-Kalkulationsrahmen, der eine Datenbank mit Kennwerten (Futterwertzahl nach Klapp, ökologische Kennzahlen nach Ellenberg, Mahdverträglichkeitszahl nach Briemle/Ellenberg, Wasserstufen nach Hundt und Kennzeichnung in der Roten Liste) von ca. 1000 Pflanzenarten enthält. Mit Hilfe der Pflanzenartennummer aus der Datenbank kann in einem separaten Tabellenblatt eine Aufnahmeliste Standort angepasst erstellt werden. Die Flächenanteile der vorkommenden Pflanzenarten dienen der gewichteten Berechnung aller Kenngrößen sowie der Shannon- und des Evenness-Indizes für jede Habitataufnahme auf der Grundlage der Artenanzahl und -verteilung. Die Berechnungsergebnisse fließen in eine Ergebnisdatenbank ein und werden der weiteren Auswertung über Pivot-Tabellen und –grafiken zugeleitet sowie mit Statistiksoftware aufbereitet.

Grünlandtyp	Ort	Landwirtschaftliche Nutzung (LW)		LW Ergebnis	Naturschutz (NS)			NS Ergebnis	Gesamt- ergebnis
		Schnitt (>2)	Weide (Umtrieb)		Schnitt (>2)	Schnitt (1-2)	Weide (Stand-)		
Mineral- Grünland	Bockhorst						132	132	132
	Ganschow		374	374					374
	Müritz_NP						15	15	15
	Stover Acker_B	40	40	80					80
	Stover Acker_F	120	80	200					200
	Stubbenbruch						60	60	60
Mineral-Gr. Ergebnis		160	494	654			207	207	861
Niedermoor- Grünland	Dummerstorf		270	270					270
	Kambs				28	1		29	29
	Klein-Markow	32	32	64					64
	Petschow	36	36	72					72
	Riekdahl					68		68	68
N. Moor-Gr. Ergebnis		68	338	406	28	69		97	503
Salz-Grünland	GAGER						32	32	32
	Markgrafenheide					93		93	93
	SUND				22	56	6	84	84
Salz-Gr. Ergebnis					22	149	38	209	209
Gesamtergebnis		228	832	1060	50	218	245	513	1573

Ergebnisse und Diskussion

Varianzanalytische Untersuchungen verbunden mit Mittelwertvergleichen und Parameterschätzern (Allgemeines lineares Modell in SPSS) der Pflanzenaufnahmen auf Niedermoor-, Mineral- und Salzgrünland führten zu folgenden Ergebnissen (Tab.2; 3). Die Untersuchungsobjekte repräsentieren das typische Spektrum nordostdeutscher Grünlandnutzung und geben einen Einblick in das gegenwärtige Pflanzenartenpotential auf diesen landschaftsökologisch wertvollen Standorten. Der

* Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

Tests der Zwischensubjekteffekte				Parameterschätzer						
Quelle der Varianz	F-Wert	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	j	Faktorstufen	Parameter b(j)	Standardfehler [b(j)]	t-Wert	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell(a)	255.1	0.000	0.643							
Konstanter Term	611.5	0.000	0.281	0	Konstanter Term	15.672	1.142	13.72	0.000	0.108
Grünlandtyp	797.2	0.000	0.505	1	Mineral-Gr.	13.276	0.694	19.14	0.000	0.19
				2	Niedermoor	23.499	0.633	37.119	0.000	0.469
				3	Salz-Gr. a)	0	.	.	.	.
FEUCHTE_GR	43.5	0.000	0.077	4	1 (trocken)	18.937	2.431	7.79	0.000	0.037
				5	2 (frisch)	4.892	0.507	9.647	0.000	0.056
				6	3 (feucht)	3.737	0.541	6.912	0.000	0.03
				7	4 (naß) a)	0	.	.	.	.
Düng_stufe	28.7	0.000	0.036	8	ohne Düngung	-3.847	0.817	-4.707	0.000	0.014
				9	teilweise Düngung	-3.316	0.459	-7.224	0.000	0.032
				10	voll NPK-Düngung	0	.	.	.	.
Nutzungsgr	49.5	0.000	0.087	11	Schnitt (>2)	0.449	0.472	0.952	0.341	0.001
				12	Schnitt (1-2)	-4.931	1.111	-4.442	0.000	0.012
				13	Weide (Stand-)	-11.038	1.199	-9.204	0.000	0.051
				14	Weide (Umtrieb) a)	0	.	.	.	.
LW / NS	587.7	0.000	0.274	15	Landwirtsch	-25.003	1.031	-24.243	0.000	0.274
				16	Naturschutz a)	0(a)	.	.	.	.
(korrigiertes R-Quadrat = ,640)				a Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.						

Parameter	Konstanter Term	Mineral-Grünland	Niedermoor-Grünland	Salz-Grünland (a)	FEUCHTE_GR=1 (trocken)	FEUCHTE_GR =2(frisch)	FEUCHTE_GR =3(feucht)	FEUCHTE_GR =4(naß) (a)
b(j)	32.349	25.185	10.017	0	-0.527	5.829	2.599	0
ohne Düngung	teilweise Düngung	voll (NPK) Düngung (a)	Schnitt (>2)	Schnitt (1-2)	Weide (Stand-)	Weide (Umtrieb) (a)	Landwirtsch. Nutzung	Naturschutz (a)
11.111	17.478	0	5.134	-1.152	-16.804	0	-11.548	0
(a) Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist; (korrigiertes R-Quadrat = ,249)								

Einfluss der Standortfaktoren konnte zum größten Teil über statistisch signifikante Parameterschätzer quantifiziert werden. Mit ihrer Hilfe lassen sich Kennwerte für Artenpotentiale bestimmter Standorte ableiten. Der ausgewiesene Eta-Quadrat-Wert ist ein Maß für den anteiligen Einflussgrad des Faktors (Grünlandtyp 0,505; LW/NS 0,274) und seiner Stufen (Niedermoor 0,469) auf die Artenanzahl. Signifikante Gruppenmittelunterschiede für die Artenanzahl ergaben sich bei Naturschutzflächen 18,3 (n=513); landwirtschaftlich genutzten Flächen 10,3 (n=1060); Salz- und Mineralgrünland 9,8 (n=1070); Niedermoor 19,0 (n=503); Umtriebsweide 10,5 (n=832); Schnitt1-2mal 13,4 (n=278); Standweide 16,5 (n=245); Schnitt >2mal 17,6 (n=218); voll NPK-Düngung 9,8 (n=467); teilweise Düngung 12,0 (n=566); ohne Düngung 16,5 (n=540). Das Schätzmodell für die Artenanzahl erreichte ein Bestimmtheitsmaß von B=0,64, das Modell für den Kräuter-und Leguminosenartenanteil von B=0,25. Tendenzen zum Artenanteil zeichnen sich aber deutlich ab: Salzgrünland 43,0% (n=209); Niedermoor 52,6% (n=503); Mineralgrünland 57,9% (n=861); Schnitt 1-2mal 48,6% (n=218); Weide 52,5% (n=1077); Schnitt >2mal 64,1% (n=278) sind signifikant unterschiedene Mittelwerte (Duncan-Test). Die Rolle der Wasserverhältnisse ist nachweisbar mit höherer Artenzahl auf trockeneren Standorten. Floristische Vielfalt kann nur bei geringerem nutzbaren Ertrag erwirkt werden. Eine landwirtschaftliche Nutzung erfordert drei Aufwüchse mit technologisch vertretbarer Erntemenge und Futterqualität oder eine entsprechende Honorierung des ökologischen Wertes der Flächen bei Umstellung der Bewirtschaftung mit dem Ziel einer Erhöhung der Artenvielfalt unter Berücksichtigung des notwendigen Pflegeaufwandes der Fläche.

Störungsfreie Erfassung struktureller und funktionaler Eigenschaften gemischter Futterbau-Bestände

M. Wachendorf¹, S. Biewer¹, A. Brunn³, M. Himstedt¹, S. Erasmi², Ch. Fischer³,
T. Fricke¹ & M. Kappas²

Einleitung

Unter Feldbedingungen weisen Eigenschaften von Grünlandbeständen (z.B. Ertrag, botanische Zusammensetzung, Futterqualität) eine große Variationsbreite auf. Bisher kann die Bestimmung dieser Parameter nur mit hohem Zeitaufwand manuell vorgenommen werden. Für ackerbaulich bedeutsame Kulturarten wurden zahlreiche Methoden entwickelt, die eine indirekte, störungsfreie Erfassung von Leistungsparametern erlauben (z.B. Feldspektroskopie, Bildanalyse). In diesem Beitrag soll mit der Feldspektroskopie ein Verfahren geprüft werden, das die Bestimmung dieser Parameter erheblich vereinfachen würde.

Material und Methoden

In einem 9wöchigen Gefäßversuch wurden Ertragsbildung und Bestandeszusammensetzung unterschiedlicher Leguminosen/Gras-Gemenge unter kontrollierten Licht-, Temperatur- und Feuchtebedingungen in zwei wöchentlichen Abständen beobachtet. Angesät wurden Reinsaat und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras. Als Kontrolle diente eine Variante ohne Ansaat. Das Substrat bestand aus homogenisiertem, feinkrümeligem Boden der Versuchsstation Neu-Eichenberg (sL- IS; 3,6% S, 73% U, 23,4% T und ca. 2% Humus; pH-Wert 6,7; P-, Mg-, K- Versorgung in Gehaltsklassen D bis E). Drei Tage vor der Ernte wurden alle Varianten unter Kunstlichtbedingungen mit einem Spektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 400 und 2320 nm gemessen. Aus den Daten dieser Messungen wurden robuste und in der Literatur belegte Spektralindizes (Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Simple Ratio (SR) und RedEdge) errechnet und mit den Daten der Gesamt- und Fraktions-Erträge sowie der Bestandeszusammensetzung (% d. TM) korreliert. Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde zur Ernte die gesamte oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und nicht angesäte Arten fraktioniert und anschließend 18h bei 65°C getrocknet.

Ergebnisse und Diskussion

Die neun Wochen alten Leguminosen/Gras-Gemenge waren den Leguminosen-Reinbeständen hinsichtlich des Biomasseertrages überlegen, wobei Rotklee und Luzerne signifikant produktiver waren als Weißklee (Abb.1). Auch die Beikrautunterdrückung war bei den Gemengen und bei der Gras-Reinsaat im Vergleich zu den Leguminosen-Reinsaat deutlich höher. Über alle Behandlungen hinweg ergab sich eine gesicherte negativ-exponentielle Beziehung zwischen dem Ertrag der angesäten Arten und dem Ertragsanteil der Beikräuter ($y=6,8268+241,2032 e^{-0,0278x}$; $R^2=0,58$; s.e.=8.8).

¹ Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Universität Kassel

² Geographisches Institut, Georg-August-Universität Göttingen

³ Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Technische Universität Clausthal

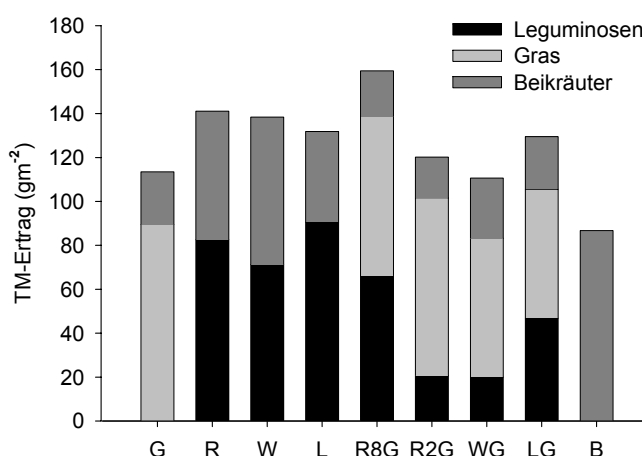


Abb.1: TM-Ertrag (g m⁻²) von Gras, Leguminosen und Beikräutern neun Wochen alter Pflanzenbestände: G: Gras; R: Rotklee; W: Weißklee; L: Luzerne; R8G: Rotklee (Saatstärke 8 kg) Gras; R2G: Rotklee (Saatstärke 2 kg) Gras; WG: Weißklee Gras; LG: Luzerne Gras; B: Boden.

Die Spektralsignaturen der feldspektroskopischen Messungen zeigten einen charakteristischen Verlauf für Vegetationsbestände, der geprägt ist durch hohe Absorption im sichtbaren Licht und kurzwelligen Infrarot, sowie durch hohe Reflektionswerte im Nahinfrarot (Erasmî, 2002).

Durch die Berechnung des NDVI und SR aus den Spektraldatensätzen wurde der Bereich des roten und nahinfraroten Spektrums betrachtet, der am sensibelsten auf Veränderungen der Vegetation reagiert.

Die Schätzfunktionen des TM-Ertrags in Abhängigkeit vom NDVI ($y=e^{5,48x}$) und SR ($y=6,3x-7,8$) sind hoch signifikant und weisen ein Bestimmtheitsmaß von 0,86 bzw. 0,87 auf (Abb. 2). Dennoch ist die

lineare Schätzfunktion des SR besser zur Trockenmassebestimmung geeignet als die exponentielle des NDVI, da der Trockenmasseertrag bei einer exponentiellen Regression bei hohen Werten des Indexes nicht mehr sicher bestimmt werden kann.

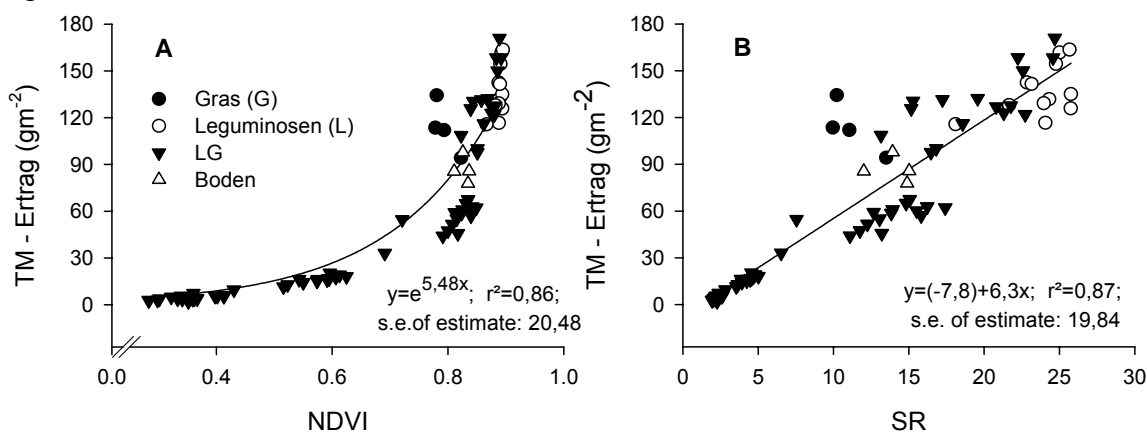


Abb. 2: Beziehung zwischen geschätztem und gemessenem TM-Ertrag gemischter Futterbau-Bestände (A: NDVI; B: SR).

Literatur

Erasmî, S., 2002: Analyse spektroradiometrischer in situ Messungen als Datenquelle für die teilflächenspezifische Zustandsbeschreibung von Winterweizenbeständen. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Univ. Göttingen, Diss. S.83

Implementierung eines Bewertungsmodells für Trockenschäden in einem Geographischen Informationssystem (GIS)

Andreas Schaumberger¹, Miroslav Trnka², Josef Eitzinger³ & Herbert Formayer³

Einleitung

Trockenschäden im Grünland traten in den letzten Jahren vor allem im Osten Österreichs häufiger und intensiver auf. Um diese Schäden quantitativ bewerten zu können, wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit dem Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien mit Hilfe von mehrjährigen Feldexperimenten ein Modell entwickelt, dessen Implementierung im GIS die Voraussetzung für eine raumbezogene Anwendung bildet. Mit geeigneten Geodatenmodellen können die Koeffizienten des Wachstums- und Ertragsmodells mit interpolierten meteorologischen Messdaten sowie den wasserhaushaltsrelevanten Parametern des Bodens kombiniert und auf die als Grünland klassifizierten Grundstücksparzellen der Digitalen Katastralmappe (DKM) mittels GIS-Operationen angewendet werden.

Material und Methoden

Die Bodenwasserbilanzierung nach einer Methode der FAO (Allen et al. 1998) wurde im Rahmen des Projektes adaptiert und bildet eine wichtige Grundlage für die Ermittlung des Ertrages. Dazu wird die potentielle Evapotranspiration über Gras nach Penman-Monteith an den meteorologischen Messstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) ermittelt und in Abhängigkeit der Seehöhe räumlich interpoliert. Mit Hilfe der ArcView-Extension Solar Analyst wird unter Berücksichtigung der Topographie die Globalstrahlung in MJ/m² berechnet und mit einem Wert für eine ebene und unbeschattete Fläche normiert. Daraus resultiert ein Faktor, der die Änderung der Globalstrahlung hinsichtlich unterschiedlicher Ausprägung von Seehöhe, Hangneigung und Exposition repräsentiert. Der flächendeckende Datenbestand der potentiellen Evapotranspiration, in dem auch die gemessene Globalstrahlung enthalten ist, wird mit dem berechneten Globalstrahlungsfaktor korrigiert. Im nächsten Implementierungsschritt werden diese Ergebnisse in das Bodenwasserbilanzmodell einbezogen. Unter Verwendung der nutzbaren Feldkapazität (Murer et al. 2004) werden Bodenwassergehalt und aktuelle Evapotranspiration bis in eine Bodentiefe von 40 cm bestimmt.

Der Pflanzenfaktor als ein weiterer Parameter der Bodenwasserbilanzmodellierung drückt den Entwicklungsstand der Grünlandpflanzen aus und beeinflusst die Berechnung von Transpiration sowie die Interzeption. Er stellt einen linearen Biomassezuwachs vom Vegetationsbeginn bis zur Nutzung dar und wiederholt sich für alle Folgenutzungen. Voraussetzung dafür ist die Berechnung der Vegetationsperiode mit einem temperatur- und höhenabhängigen Beginn und Ende sowie der höhenabhängigen Dauer der Wachstumsphasen der einzelnen Nutzungen.

Die Wachstums- und Ertragsmodellierung baut auf die Ergebnisse der Bodenwasserbilanzierung auf und führt über die Ermittlung eines Wachstumsfaktors, der

¹ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Referat für Geoinformation im ländlichen Raum, A-8952 Irdning

² Institute of Agrosystems and Bioclimatology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno (MUAf), Zemedelska 1, CZ-61300 Brno

³ Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

aus einer Berechnung der Wasserverfügbarkeit über Wasserstressfaktoren resultiert, in einer multiplen Regressionsgleichung zu einer Aussage über die Quantität des Grünlandertrages in dt Trockenmasse pro ha (Trnka et al. 2005). Dabei wird die Bewirtschaftungsintensität hinsichtlich der Düngung berücksichtigt. Aus den INVEKOS-Daten kann über die Betriebsfläche und den Viehbestand in Großvieheinheiten (GVE) der Tierbesatz eines Grünlandbetriebes in GVE/ha ermittelt werden und daraus auf die Stickstoffdüngermenge geschlossen werden, die als Parameter in die Ertragsgleichung einfließt.

In Abb. 1 sind die wichtigsten Komponenten, die in ArcGIS im Wesentlichen mit Hilfe von lokalen Rasteroperationen in Form von VBA-Erweiterungsprogrammierung verrechnet werden, dargestellt (Schaumberger 2005).

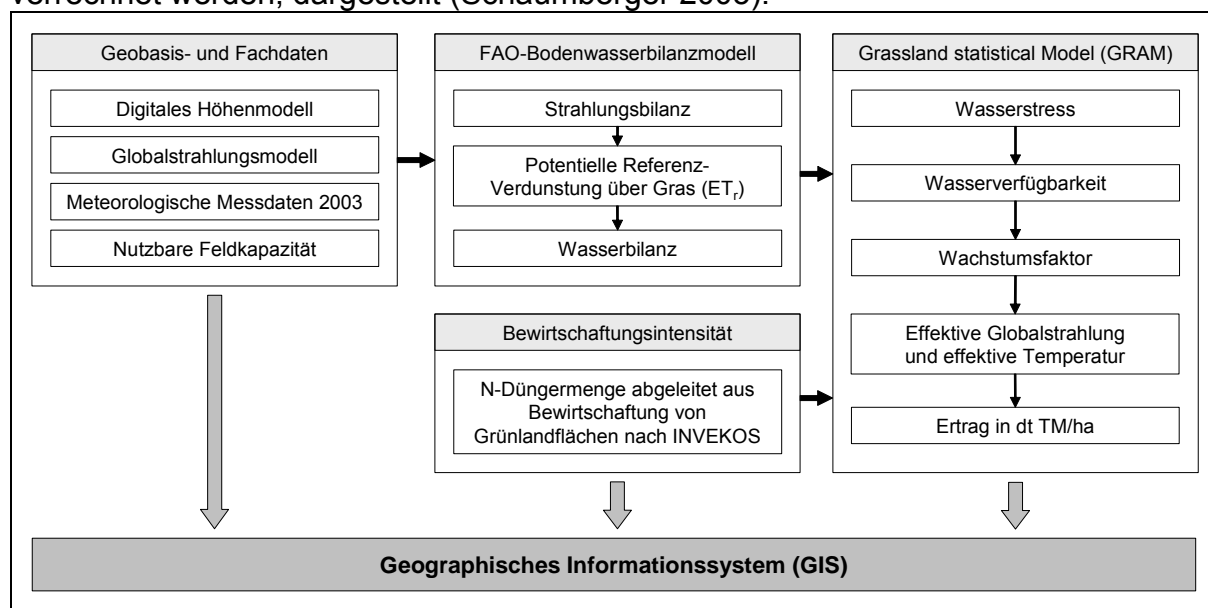


Abb. 1: Komponenten des Bewertungsmodells für Trockenschäden im GIS

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestimmung von Trockenperioden und deren Einfluss auf die Ertragsentwicklung kann nicht stichtagsbezogen vorgenommen werden, sondern erfordert die Untersuchung eines Zeitraumes. Das macht die Berechnung sämtlicher Zwischen- und Endergebnisse auf Tagesbasis notwendig, um entsprechende Akkumulationen realisieren zu können. Das Rasterdatenmodell stellt in diesem Zusammenhang die ideale Form der Implementierung dar. Allerdings entsteht dabei auch eine enorme Datenmenge, da alle Tagesraster in einer Auflösung von 50 m das gesamte österreichische Bundesgebiet abdecken.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zahlreiche Geodaten generiert, die eine gute Grundlage für weitere Forschungsprojekte im Bereich Klima und Grünland darstellen.

Literatur

- Allen, G.A.; L.S. Pereira; D. Raes & M. Smith 1998: Crop Evapotranspiration – guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome (Italy): 78-86.
- Murer, E; J. Wagenhofer; F. Aigner & M. Pfeffer 2004: Die nutzbare Feldkapazität der mineralischen Böden der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs. Schriftenreihe BAW, Band 20: 72-78.
- Schaumberger, A. 2005: Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Diplomarbeit - Johannes Kepler Universität Linz.
- Trnka, M.; J. Eitzinger; G. Gruszczynski; K. Buchgraber; R. Resch & A. Schaumberger 2005: Simple method for modelling permanent grassland yields in Austria, in Druck.

Einfluss von Standort, Ca- und N-Gaben auf die Konzentrationen ausgewählter Spuren- und Mengenelemente von Weidefutter

Harald Laser*

Einleitung

Die Mengen- und Spurenelementkonzentrationen im Weideaufwuchs können äußerst variabel sein (Whitehead 2000). Bezogen auf die Spurenelementkonzentrationen spielt offenbar der pH-Wert des Bodens eine zentrale Rolle. Während sich die Se-Verfügbarkeit für Pflanzen mit zunehmenden pH-Werten erhöht (Gissel-Nielsen et al. 1984), sollen die Schwermetallkonzentrationen in Grünlandaufwüchsen mit zunehmender Versauerung des Bodens zunehmen (Blake & Goulding 2002). Der Effekt von N-Gaben ist nicht eindeutig (Whitehead 2000). Ziel dieser Untersuchungen war es, den Einfluss von Kalkung, N-Gaben und Standort auf die Cu-, Mn-, Se- und Zn-Konzentrationen zu testen.

Material und Methoden

Drei Freilandversuche wurden im Februar 2002 an unterschiedlichen Standorten, vgl. Tab. 1, in einheitlichem Versuchsdesign als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen und einer Parzellengröße von 14 m² angelegt. Die Kalkung mit fein vermahlenem kohlen-sauren Kalk wurde auf der Hälfte der Flächen zum Anlagetermin durchgeführt, so dass bereits vor dem ersten Probennahmetermin September 2002 eine Anhebung des pH-Wertes von pH 4,8 auf pH 5,9 bzw. von pH 5,6 auf pH 6,6 und von pH 4,9 auf pH 6,1 erreicht wurde. Die Kalkung wurde November 2002 wiederholt. Die Se-Konzentrationen wurden mittels Atom-Absorptions-Spektroskopie (= AAS) nach mikrowellen-gestütztem Druckaufschluss bestimmt (Anonymus 1997). Die Cu-, Mn-, und Zn-Konzentrationen wurden ebenfalls mittels AAS festgestellt, jedoch nach Nassveraschung in HNO₃, HClO₄ und H₂SO₄ (Rosopulo et al. 1976).

Tab. 1: Bodeneigenschaften (0-10 cm) und Pflanzenbestand der drei Standorte

Standort	A	B	C
<i>Pflanzengesellschaft/ dominante Grasart</i>	<i>Festuco-Cynosuretum/ Fest. rubra + Dactylis gl.</i>	<i>Lolio-Cynosuretum /Lolium perenne</i>	<i>Festuco-Cynosuretum/ Festuca rubra</i>
mg Se in kg Boden TS	0,45	0,31	0,36
mg Cu in kg Boden TS	1,3	3,0	3,0
mg Mn in kg Boden TS	156,5	105,6	159,0
mg Zn in kg Boden TS	3,4	3,2	3,9
pH (vor Kalkung)	4,8	5,6	4,9

Ergebnisse und Diskussion

Die Zn-, Mn- und Cu-Konzentrationen von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Weiden können standortabhängig deutlich variieren; der Faktor Standort ist stets die wichtigste Varianzursache. Es kann dabei nicht klar getrennt werden, ob die unterschiedlichen Konzentrationen im Aufwuchs stärker durch den pH-Wert (Tab. 1) oder die jeweiligen Konzentrationen der Spurenelemente im Boden bestimmt werden; im Falle des Mn auf Standort B sind beide Ursachen möglich. Der pH-Wert ist aber offenbar für die Mn-Konzentrationen entscheidender als für die Cu-Konzentrationen,

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

denn die Kalkung bewirkt standortabhängig einen signifikanten Rückgang der Mn-, teilweise auch der Zn-Konzentrationen, während der Faktor Ca-Gabe keinen Einfluss auf die Cu-Konzentrationen hat. Die Wirkung der N-Gaben auf die Zn-, Mn- und Cu-Konzentrationen ist indifferent. Lediglich im Sekundäraufwuchs 2003 ergeben sich in N-gedüngten Aufwüchsen signifikant höhere Cu-Konzentrationen. Insgesamt sind die dargestellten Schwermetall-Konzentrationen im Extensivgrünland bezogen auf die Versorgung der Weidetiere in keinem Fall zu hoch, sondern eher zu niedrig. In Anlehnung an die Empfehlungen des NRC in den USA (Anonymus 1996) wird nicht in jedem Fall der Bedarf sicher gedeckt. Eine zunehmende Versauerung der Grünlandböden führt offenbar auf Extensivweiden folglich nicht, wie Blake & Goulding (2002) vermuten, zu problematisch hohen Zn- oder Cu-Konzentrationen. Andererseits kann in dem hier durchgeführten Experiment auch keine Erhöhung der Se-Konzentrationen durch die pH-Wert-Erhöhung infolge der Kalkung festgestellt werden. Die Se-Konzentrationen in den Aufwüchsen aller Varianten liegen mit Werten zwischen 10 und 30 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ TS und damit kritisch unter der vom NRC empfohlenen Mindestkonzentration von 100 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ TS, wenn nicht eine Se-Supplementierung erfolgt (Laser 2005).

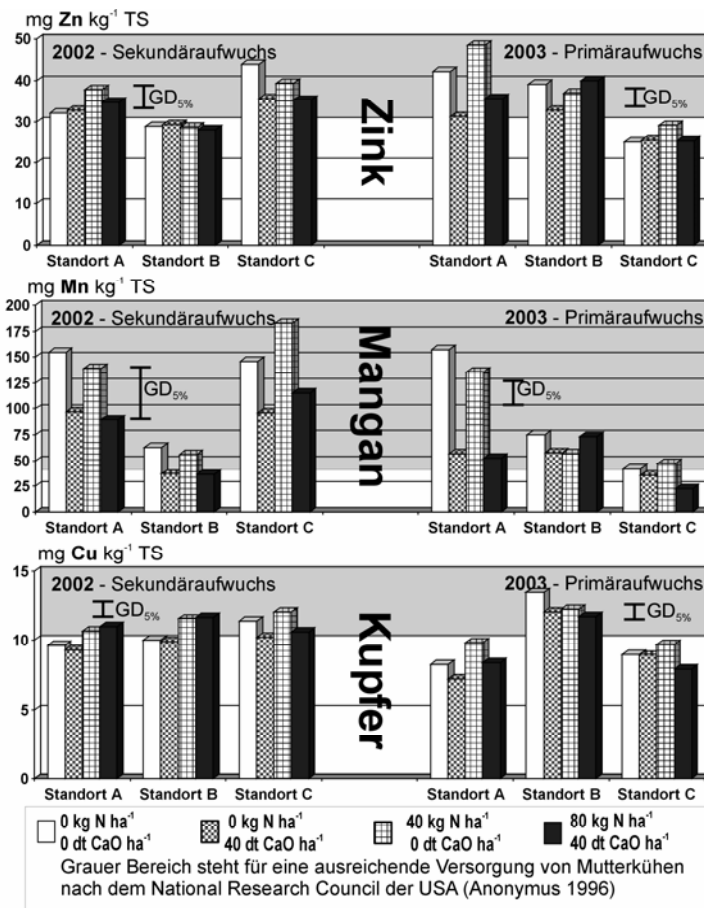


Abb: 1: Zn-, Mn- und Cu-Konzentrationen in Abhängigkeit von Standort, N- und Ca-Gaben

Literatur

Anonymus, 1996: Nutrient requirements for beef cattle. 7th ed. – Publ. National Res. Council, National Academy Press, Washington D.C.

Anonymous 1997 Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Blake L. & K.W.T. Goulding 2002 Effects of atmospheric deposition, soil pH and acidification on heavy metal contents in soils and vegetation of semi-natural ecosystems at Rothamsted Experimental Station, UK. *Plant and Soil* 240: 235-251.

Gissel-Nielsen, G., U.C. Gupta, M. Lamand & T. Westermarck, 1984: Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Adv. Agron.* 37: 397-455.

Laser, H., 2005: Untersuchungen zum Bedarf von Schwefel- und Selen-Gaben in extensiven Weidesystemen in Abhängigkeit von Pflanzenbestand und Standort. *Germ. J. Agron.* 9: 29-41.

Rosopulo A, M Hahn, H Stärk & J Fiedler 1976 Vergleich verschiedener Veraschungsmethoden für die naßchemische Bestimmung von Mengen- und Spurenelementen in Kulturpflanzen. *Sonderh. Landw. Forsch.* 32: 199-209.

Whitehead, D.C., 2000: Nutrient elements in grassland. Soil – plant – animal relationships. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Mineralstoffmuster von Primäraufwüchsen verschiedener Pflanzengesellschaften

Maik Sterzenbach*

Einleitung

In Grenzertragslagen ist die landwirtschaftliche Nutzung überwiegend durch extensive Grünlandbewirtschaftung mit entsprechenden Formen der Rinder- und Schafhaltung gekennzeichnet. Im Hinblick auf die Tierernährung muss der Futterqualität solcher extensiver Aufwüchse eine besondere Beachtung geschenkt werden (Sterzenbach 2000). So stellt sich z.B. die Frage, ob diese Aufwüchse dem Weidetier ein adäquates Angebot an essentiellen Mineralstoffen liefern, da sich eine individuelle Versorgung der Weidetiere mit diesen Elementen bei den entsprechenden Haltungformen als schwierig erweist. Deshalb wurde das Mineralstoffmuster von Primäraufwüchsen verschiedener Pflanzengesellschaften untersucht, um festzustellen, ob Mineralstoffinbalancen vorliegen können.

Material und Methoden

Zur Bestimmung des Mineralstoffmusters wurden im Lahn-Dill-Bergland und Westwald 116 Flächen mit unterschiedlichen Standorteigenschaften, Pflanzenbeständen und Nutzungsintensitäten ausgewählt. Vorkommende Pflanzengesellschaften waren: *Arrhenatherion elatioris*, *Polygono-Trisetion*, *Bromion racemosi*, *Lolio-Cynosuretum* sowie *Festuco-Cynosuretum*. Die Ernte der Primäraufwüchse erfolgte Mitte Mai über zwei Jahre. Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurden die Pflanzenproben trocken verascht und die Asche in 2 %-iger HNO_3 -Lösung aufgenommen. Die Ca-, Mg-, K- und Na-Konzentrationen wurden am Atomabsorptionsspektrometer und P wurde kolorimetrisch bestimmt. Zudem wurden die Ca/P- und $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ -Quotienten bestimmt. Dargestellt werden die Mittelwerte, Maxima und Minima getrennt für jede Pflanzengesellschaft.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den Ca- bzw. Mg-Konzentrationen ist festzustellen, dass die gefundenen Werte in den Primäraufwüchsen der verschiedenen Pflanzengesellschaften im optimalen Bedarfbereich der Weidetiere von 0,5-0,7% Ca bzw. 0,2-0,3% Mg liegen (OPITZ v. BOBERFELD 1994), so dass hier von einer optimalen Versorgung ausgegangen werden kann. Die P-Konzentrationen mit 0,2-0,4% in den Aufwüchsen liegen jedoch unterhalb der Bedarfsgrenze von 0,4-0,5%, wobei es in den Konzentrationen keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Pflanzengesellschaften gibt. Auch die Bedarfsgrenze an Na von 0,2-0,3% wird in den Aufwüchsen mit im Durchschnitt 0,05-0,10% unterschritten; dabei weisen die Pflanzengesellschaften *Polygono-Trisetion* und *Bromion racemosi* die höchsten Konzentrationen auf. Der Bedarf der Weidetiere mit etwa 1% K wird dagegen bei allen Pflanzengesellschaften mit Konzentrationen zwischen 2-3% deutlich überschritten, wobei die *Polygono-Trisetion* und *Bromion racemosi*-Gesellschaften die geringsten Konzentrationen aufweisen. Diese überhöhten K-Konzentrationen bewirken dabei auch, dass der „tetanie ratio“ ($\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ -Quotient) den kritischen Wert von 2,2 überschreitet, vgl. Abb. 1, und somit im Gegensatz zu Banzhaf (2004), die die Qualität von Winterweiden untersuchte,

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

eine erhöhte Gefahr des Auftretens von Weidetetanie besteht. Der Ca/P-Quotient liegt aufgrund der niedrigen P-Konzentrationen im Mittel der Pflanzengesellschaften zwischen 2,0 und 3,0, vgl. Abb. 2, und somit etwas über dem optimalen Bereich von 1,5-2,0 (Opitz v. Boberfeld 1994), wodurch der Gebärparese verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

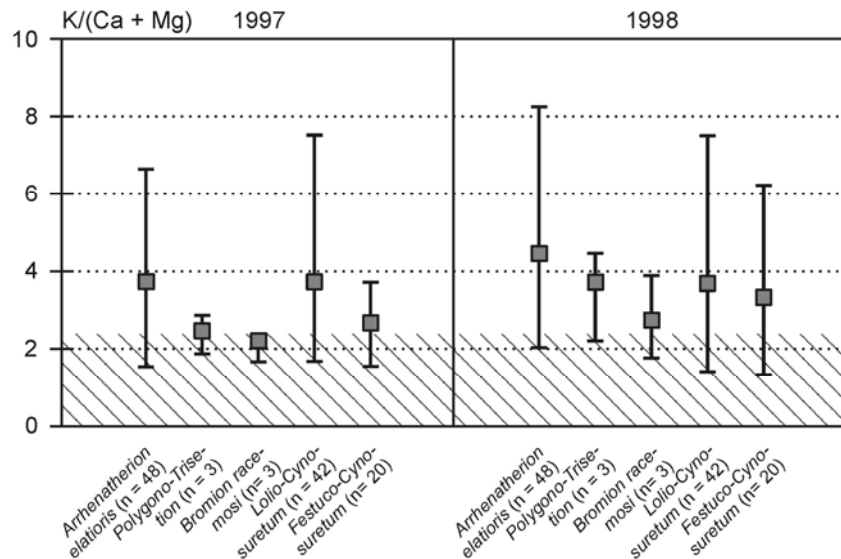


Abb. 1: K/(Ca+Mg)-Verhältnis in Abhängigkeit von Pflanzengesellschaft, Standort und Jahr

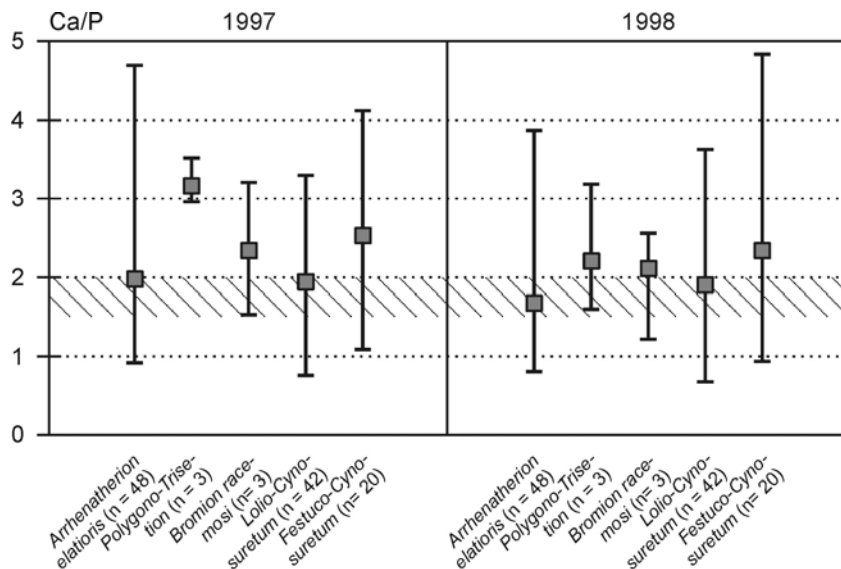


Abb. 2: Ca/P-Verhältnis in Abhängigkeit von Pflanzengesellschaft, Standort und Jahr

Literatur

- Banzhaf, K., 2004: Einfluss von Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftungsintensität auf Muster und Konzentration ausgewählter Mineralstoffe von Winterweidefutter. Diss. Gießen.
- Opitz v. Boberfeld, W., 1994: Grünlandlehre. Verl. Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Sterzenbach, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mütterkühe. Diss. Gießen.

Zur Problematik der Futterwertschätzung von Arten extensiv bewirtschafteter Weiden

Maik Sterzenbach, Julia Fischer & Wilhelm Opitz v. Boberfeld*

Einleitung

Zur Bestimmung der Energiedichte bzw. der Verdaulichkeit von Grünlandaufwüchsen gibt es verschiedene Methoden, die zur Anwendung kommen: *in vitro*-Pansensaft-Methoden, enzymatische, chemische und physikalische Methoden. Sekundäre Inhaltsstoffe sowie Unterschiede in der Zellwandbeschaffenheit können sich dabei unterschiedlich auf die Aussagekraft dieser Methoden auswirken (Opitz v. Boberfeld et al. 2003). Deshalb sollen nun hier anhand von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteter Weiden verschiedene Methoden zur Schätzung der Energiedichte bzw. Verdaulichkeit verglichen werden, um eine Aussage über die Einflüsse von unterschiedlicher Zellwandbeschaffenheit bzw. Gehalten an sekundären Inhaltsstoffen auf die Vergleichbarkeit der Methoden treffen zu können.

Material und Methoden

Zum methodischen Vergleich der Energiedichte und Verdaulichkeit diente ein Freilandversuch mit vier Wiederholungen mit den für ein *Festuco-Cynosuretum* typischen Arten *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens*. Verglichen wurden dabei zwei unterschiedlich alte Aufwüchse – 1. Schnitt einer 2-Schnittnutzung und 2. Schnitt einer 4-Schnittnutzung – welche zum gleichen Termin geerntet wurden. Die Schätzung der Energiedichte erfolgte über die Roh Nährstoffe (Kirchgessner 2004) sowie mit Hilfe des Hohenheimer Futterwert-Tests (Menke & Steingass 1987). Die Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde mit Hilfe des Hohenheimer Futterwert-Tests berechnet (Menke & Steingass 1987) und mit ELOS in Beziehung gesetzt. Alle fünf Arten, getrennt nach den Aufwüchsen, wurden dann einer Korrelations- und Regressionsanalyse unterzogen und die Bestimmtheitsmaße bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den Gräsern kann keine befriedigende Übereinstimmung beim Vergleich zwischen chemischer und *in vitro*-Methode bei der Schätzung der Energiedichte festgestellt werden, vgl. Abb. 1. Insbesondere bei den späten Aufwüchsen weichen die Ergebnisse der Energiedichte auf Basis der Roh Nährstoffe stark von den über den HFT geschätzten ab, vgl. Abb. 1, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Veränderungen im Gehalt und in der Struktur der Pflanzenzellwand im höheren Reifegrad zurückzuführen ist. Beim Vergleich der enzymatischen und *in vitro*-Pansensaft Methode zur Schätzung der Verdaulichkeit konnte bei den Gräsern lediglich beim jungen Aufwuchs von *Festuca rubra* eine gute Übereinstimmung der Methoden festgestellt werden, vgl. Abb. 2.

Die Leguminosen werden durch die Schätzung auf Basis der Roh Nährstoffe in der Höhe ihrer Energiedichte überschätzt, vgl. Abb. 1, vermutlich bedingt durch eine Fehleinschätzung der Wirkung strukturbildender Kohlenhydrate auf die Energiedichte im höheren Reifegrad und einer zusätzlichen negativen Beeinflussung der Energiedichte – geschätzt über den HFT – durch sekundäre Inhaltsstoffe im jüngerem Ent-

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

wicklungsstadium. Bei den Leguminosen konnten zumindest teilweise gute Ergebnisse beim Vergleich der Methoden zur Schätzung der Verdaulichkeit erzielt werden, vgl. Abb. 2.

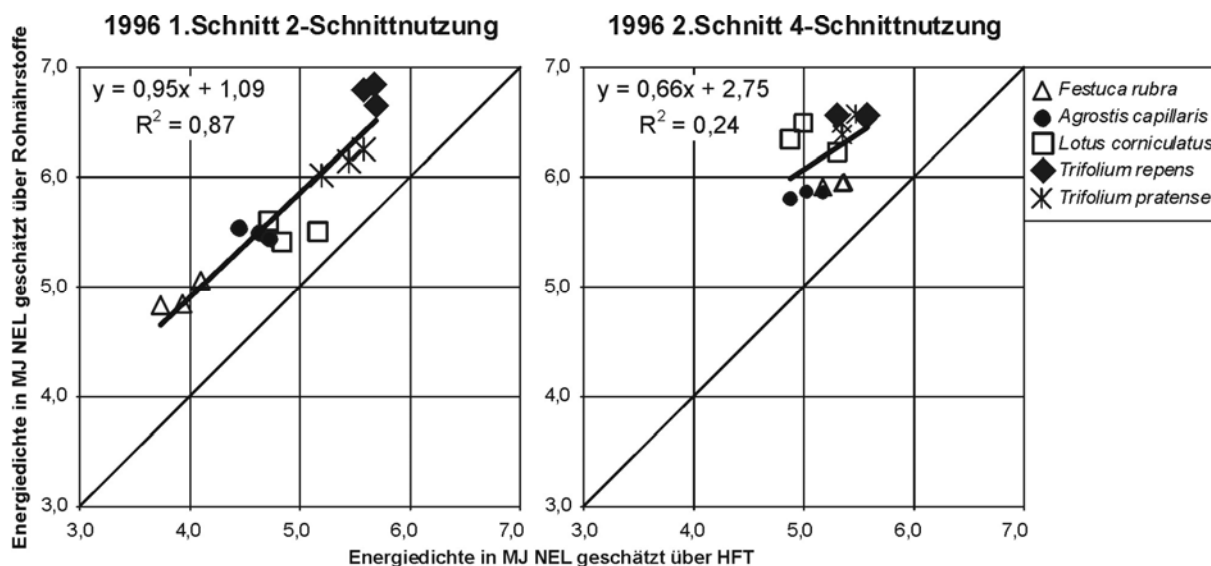


Abb. 1: Vergleich der Energiedichten geschätzt über Rohnährstoffe und HFT bei unterschiedlichem Alter des Aufwuchses

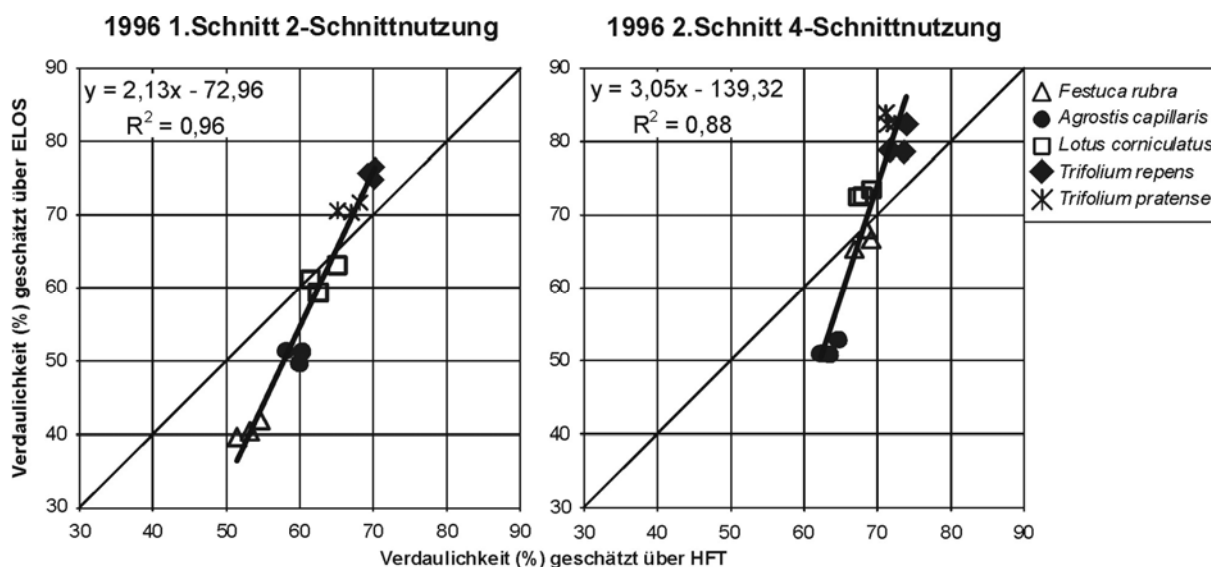


Abb. 2: Vergleich der Verdaulichkeiten geschätzt über ELOS und HFT bei unterschiedlichem Alter des Aufwuchses

Literatur

- Kirchgessner, M., 2004: Tierernährung, Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 11. Aufl. Verl. DLG Frankfurt/M.
- Menke, K.H. und H. Steingass, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansenflüssigkeit bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 2. Mitt.: Regressionsgleichung. Übers. Tierern. 15: 59-94.
- Opitz v. Boberfeld, W., P. Theobald und H. Laser, 2003: Prediction of digestibility and energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – a comparison of methods. Arch. Anim. Nutr. 57: 167-176.

Zum Effekt di-/tetraploider *Lolium perenne*-Sorten sowie mittel-/großblättriger *Trifolium repens*-Formen in Mähweide-Mischungen auf Ertrag und Gäreignung

Maik Sterzenbach*

Einleitung

In den letzten Jahren haben tetraploide *Lolium perenne*-Sorten aufgrund höherer Erträge und höherer Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate in der Futterproduktion immer mehr an Bedeutung gewonnen. Auf der anderen Seite sind die N₂-Fixierungsraten von *Trifolium repens f. giganteum* höher, was vor allem unter dem Gesichtspunkt niedriger Nitrat-Konzentrationen derartiger Grünlandaufwüchse von Bedeutung ist. Zur Erzielung einer guten Silagequalität sind dabei hohe Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Nitrat-Konzentrationen > 0,05 % NO₃ in der TS notwendig (Weissbach & Honig 1996). Ergebnisse über die Gäreignung dieser verschiedenen Varietäten aus der Literatur stammen dabei jedoch meist aus Untersuchungen mit Monokulturen. Deshalb sollen hier die Erträge und die Gäreignung von di-/tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten sowie mittel-/großblättrigen *Trifolium repens*-Formen in Mähweide-Mischungen mit anderen Grasarten untersucht werden.

Material und Methoden

Zur Bestimmung des TS-Ertrages und der Gäreignung wurden vier Mischungen von di-/tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten (= sechs Sorten pro Ploidiestufe) und mittel-/großblättrigen *Trifolium repens*-Formen (= zwei Sorten pro Form) mit anderen Gräsern in einem Versuch, angelegt als Lateinisches Rechteck mit vier Wiederholungen, ausgesät, vgl. Abb. 1. Geerntet wurden fünf Aufwüchse (= 2001) bzw. vier Aufwüchse (= 2002); daraus wurde der Jahres-TS-Ertrag berechnet. Der Primäraufwuchs wurde dabei zu zwei unterschiedlichen Schnittterminen (= Weide- bzw. Siloreife), die restlichen Aufwüchse zum gleichen Schnitttermin geerntet. Von den Primäraufwüchsen wurden die Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate sowie die Pufferkapazität bestimmt und daraus der Zucker-/Pufferkapazitäts-Quotient berechnet. Zudem wurde die Nitrat-Konzentration in den Aufwüchsen bestimmt.

	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3	Mischung 4
<i>Lolium perenne</i> (diploid) (Saatstärke 14 kg pro ha)	■	■		
<i>Lolium perenne</i> (tetraploid) (Saatstärke 14 kg pro ha)			■	■
<i>Trifolium repens f. hollandicum</i> (Saatstärke 2 kg pro ha)	■		■	
<i>Trifolium repens f. giganteum</i> (Saatstärke 2 kg pro ha)		■		■
<i>Festuca pratensis</i> (Saatstärke 6 kg pro ha)	■	■	■	■
<i>Phleum pratense</i> (Saatstärke 5 kg pro ha)	■	■	■	■
<i>Poa pratensis</i> (Saatstärke 3 kg pro ha)	■	■	■	■

Abb. 1: Sorten

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Ergebnisse und Diskussion

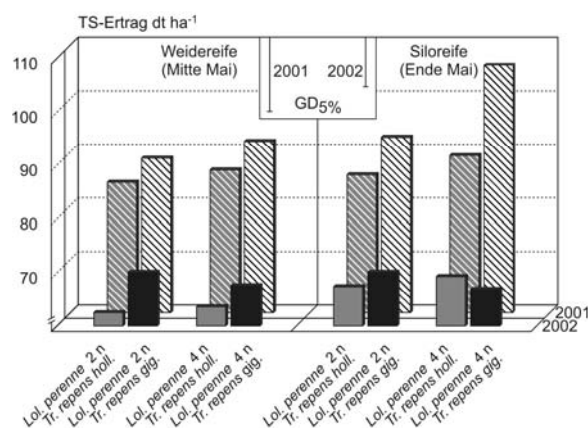


Abb. 2: TS-Erträge in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/Trifolium repens* Varietät

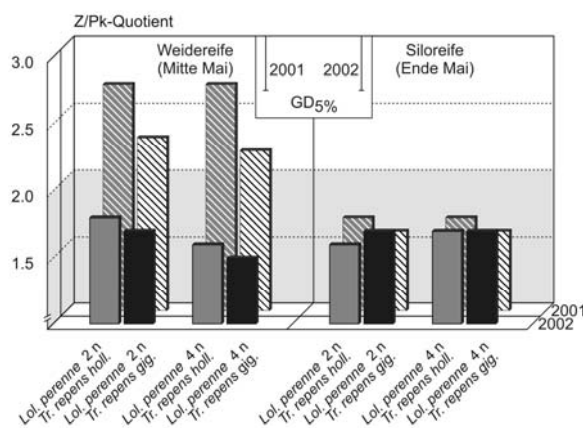


Abb. 3: Z/Pk-Quotienten in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/Trifolium repens* Varietät

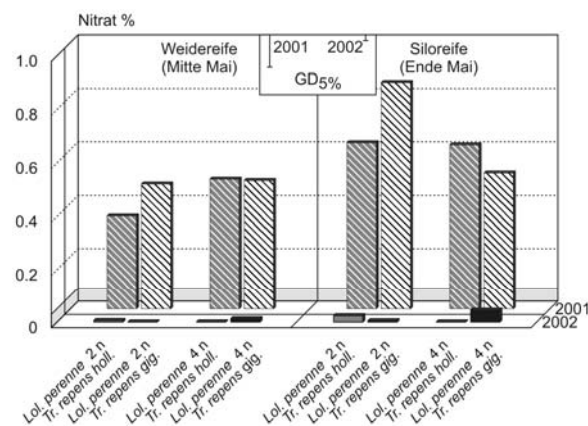


Abb. 4: Nitratgehalte in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/Trifolium repens* Varietät

Die Ergebnisse zeigen, dass Mischungen mit tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten und *Trifolium repens f. giganteum* teilweise höhere TS-Erträge erzielen, vgl. Abb. 2; Opitz v. Boberfeld (1979) stellt dagegen nach einigen Jahren einen Angleich der Erträge fest. Mischungen mit tetraploide *Lolium perenne*-Sorten erzielen jedoch keine höheren Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten, so dass kein Effekt auf den Zucker-/Pufferkapazitätsquotienten festzustellen ist. *Trifolium repens f. giganteum*-Mischungen enthalten dagegen geringere Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten,

was aber auch keinen signifikanten Effekt auf die Höhe des Z/Pk-Quotienten hat. Mit Ausnahme des Primäraufwuchses von dem Ansaatzjahr 2001 liegen die Nitrat-Konzentrationen unterhalb des Grenzwertes von 0,05 % zur Erzielung einer gärbio-logisch einwandfreien Silage. Somit ist ein Zusatz von nitrit-/nitrat-haltigen Silierzusätzen notwendig (Sterzenbach 2000).

Literatur

- Opitz v. Boberfeld, W., 1979: Der Einfluß von di- und tetraploiden Sortentypen von *Lolium perenne* L. bei differenzierten N-Gaben auf Bestandeszusammensetzung und Ertrag einer Mähweide. J. Agron. Crop Sci. 148: 54-61.
- Sterzenbach, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mütterkühe. Diss. Gießen.
- Weissbach, F. & H. Honig, 1996: Über die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. Landbauforsch. Völkenrode. 46: 10-17.

Einfluss von Höhenlage und Wasserangebot auf das Vorkommen endophytischer Pilze in verschiedenen Gräsern

Heike Hahn¹⁾, K. Andreeva²⁾ & E. Willner³⁾

Einleitung

In Europa gezüchtete Sorten verschiedener Grasarten sind meist endophytfrei oder weisen nur einen äußerst niedrigen Endophytbefallsgrad auf. Dagegen erreicht die Endophytbesiedelung in natürlichen Populationen häufig ein sehr hohes Niveau; nicht selten sind 100% der Pflanzen infiziert. Die Ursachen für diese Unterschiede konnten bisher nicht vollständig geklärt werden. Pflanzen von natürlichen Grünlandbeständen sind meist wesentlich ungünstigeren Wachstumsbedingungen ausgesetzt als auf intensiv bewirtschafteten Flächen des Futterbaus. Demzufolge müssen die Pflanzen von natürlichen Habitaten sehr gut an suboptimale Bedingungen angepasst sein. Es wird vermutet, dass die Endophytbesiedelung eine der zahlreichen Anpassungsstrategien von Pflanzen ist, denn die Symbiose mit dem Pilz kann für die Graspflanze verschiedene Vorteile erbringen, z.B. höhere Resistenz gegen biotische und abiotische Stresseinflüsse. Durch diesen Selektionsvorteil kommt es wahrscheinlich zu einer Anreicherung endophytinduzierter Pflanzen auf wenig oder nicht bewirtschafteten Flächen. Existieren darüber hinaus noch spezifische Faktoren, die ein hohes Infektionsniveau bedingen? Gibt es beispielsweise räumliche Verteilungsmuster für das Infektionsniveau in Abhängigkeit von der Höhenlage oder den klimatischen Bedingungen? Um diese Problemstellung zu analysieren, wurden 145 Akzessionen verschiedener Grasarten aus dem Genbankmaterial des IPK Gatersleben hinsichtlich ihres Endophytbefalls in Zusammenhang mit ihrem Herkunftsort untersucht.

Material und Methoden

Von dem Genbankmaterial einer Sammelreise nach Bulgarien wurden 145 Akzessionen für Endophytuntersuchungen ausgewählt. Dabei galt es, hinsichtlich Höhenlage, Boden, Wasserangebot, Bewirtschaftung u.a. Faktoren sehr verschiedenartige Sammelstandorte zu berücksichtigen. Die Akzessionen umfassten 9 Gattungen (*Agrostis*, *Alopecurus*, *Bromus*, *Deschampsia*, *Holcus*, *Lolium*, *Phleum*, *Poa* und *Puccinella*). Zur Endophytbestimmung wurde Saatgut aller Akzessionen ausgesät. Die angezogenen Einzelpflanzen wurden in Isolierstellen auf dem Versuchsfeld in Malchow (Insel Poel) ausgepflanzt und später beerntet. Die mikroskopische Untersuchung auf Endophytinfektion erfolgte an 50 Samen pro Akzession. Als Nachweismethode kam die Bengalrosafärbung (Saha et al., 1988) zur Anwendung, bei der die Pilzhyphen in der Aleuronschicht deutlich sichtbar angefärbt werden. Entsprechend der Anzahl infizierter Samen wurde der Endophytbefallsgrad (in %) berechnet. Für alle Sammelstellen wurden während der Sammelreise geografische Länge und Breite sowie Höhenlage (m ü.d.M.) und Wasserversorgung der Habitate aufgenommen. Mittels Kontingenztafelanalyse wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen Endophytbefallsgrad und Höhenlage bzw. Wasserangebot der einzelnen Sammelstellen gibt.

¹⁾ Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle, heike.hahn@landw.uni-halle.de

²⁾ IPK Gatersleben, Corrensstr. 3, 06466 Gatersleben

³⁾ IPK Gatersleben, Außenstelle Nord, 23999 Malchow

Ergebnisse und Diskussion

In 137 von den geprüften 145 Akzessionen wurden endophytische Pilze nachgewiesen. Alle Akzessionen von *Poa spp.*, *Bromus spp.*, *Agrostis spp.* und *Holcus lanatus* waren endophytinfiziert. Die Samen von 59 der 62 analysierten *Lolium perenne* Akzessionen enthielten Endophyten. Für *Phleum spp.* waren 91%, für *Deschampsia caespitosa* 60% und für *Alopecurus pratensis* 50% aller Akzessionen endophytbesiedelt. In *Pucinella pratensis* konnten keine endophytischen Pilze nachgewiesen werden.

Der Endophytbefallsgrad variierte von <5% in den Akzessionen von *Alopecurus pratensis*, *Holcus lanatus* und *Deschampsia caespitosa* bis zu 100% in *Lolium perenne* Akzessionen. Ein Infektionsniveau von >50% wurde für den größten Teil der *Lolium perenne* Akzessionen gefunden, wogegen für die meisten Akzessionen von *Poa spp.* Befallsgrade von 20-51% vorlagen.

Entsprechend der Wasserversorgung wurden die Sammelorte eingruppiert in (1) extrem trockene Habitats, (2) trockene Habitats und (3) Habitats mit regelmäßiger Wasserversorgung bzw. feuchte Habitats. Die Kontingenztafelanalyse zeigte, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Vorkommens endophytischer Pilze und der Wasserversorgung am Sammelort gibt. Für *L. perenne*, *Bromus spp.* und *Phleum spp.* unterscheidet sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Endophyten signifikant zwischen den drei Klassen der Wasserversorgung. An den sehr trockenen Standorten waren die höchsten Prozentsätze endophytinfizierter Samen nachweisbar. Dagegen konnten für *Poa spp.* keine Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens von Endophyten zwischen den einzelnen Wasserversorgungs-Klassen aufgezeigt werden.

Auch zwischen der Höhenlage des Sammelortes und dem Auftreten endophytischer Pilze zeigte die Kontingenztafelanalyse einen signifikanten Zusammenhang auf. Die höchsten Befallsgrade wurden für *Lolium perenne* und *Bromus spp.* an Sammelorten in Höhenlagen zwischen 400-600m ü.d.M. gefunden, für *Poa spp.*, *Phleum spp.* und *Holcus lanatus* an Orten unter 200m. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Höhenlagen bezüglich des Auftretens endophytischer Pilze waren für *Agrostis spp.* nachweisbar. Für *Lolium perenne* Herkünfte aus Tschechien werden höchste Befallsgrade in Höhenlagen zwischen 100-300m sowie oberhalb von 800m berichtet (Cagas, 1999).

Die Ergebnisse unterstützen die Vermutung, dass die Endophytinfektion als eine Anpassungsstrategie an trockene Bedingungen betrachtet werden kann. Somit könnten endophytinfizierte Pflanzen an trockenen Standorten einen Selektionsvorteil besitzen. Insbesondere in Bulgarien kommen Perioden mit ausgeprägter Sommertrockenheit sehr häufig vor. Aber auch die Höhenlage kann zu einem vertikalen „Verteilungsmuster“ endophytischer Pilze führen, wobei große Unterschiede zwischen den einzelnen Arten zu erwarten sind. Andere Faktoren wie Boden, Temperatur oder Nährstoffangebot sollten jedoch nicht unberücksichtigt bleiben bei Untersuchungen zum Vorkommen von Endophyt/Gras-Assoziationen.

Literatur

- Cagas, B., 1999: The endophyte (*Neotyphodium spp.*) in ecotypes of *Lolium perenne* and the characteristics of their localities. In: Proceedings of the 5th Ecological Conference. Banska Bastrica, Slovakia, 23-25 November 1999, pp. 180-184.
- Saha, D.C., Jackson, M.A., Johnson-Cicalese, J.M., 1988: A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. *Phytopathol.* 78: 237-239.

Relationship between nitrogen status in leaf blades and seed yield of *Lolium perenne*

Piotr Goliński*

Introduction

Nitrogen is the most important element in seed production of grasses. Rowarth and Archie (1995) maintain that nitrogen concentration in herbage of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) determines the seed yield of this plant. The aim of this study was to determine relationships between the nitrogen status in leaf blades of *Lolium perenne* in spring and the seed yield of selected cultivars of this grass species.

Material and methods

Investigations were carried out in years 1999–2001 in Brody (52° 26' N, 16° 18' E) Experimental Station of August Cieszkowski Agricultural University, Poznań. In a split-plot experiment in four replications on 25 m² (10 m × 2.5 m) plots the influence of nitrogen fertilisation on nitrogen status in leaf blades and seed yield of four cultivars of *Lolium perenne* ('Anna' 2n PL, 'Barylou' 2n NL, 'Baristra' 4n NL, 'Maja' 4n PL) was analyzed. Different levels of nitrogen fertilization in the years of utilization with different doses of nitrogen applied in autumn (last decade of September) and early spring (first days of March): 0 + 0 kg ha⁻¹, 0 + 30 kg ha⁻¹, 0 + 60 kg ha⁻¹, 0 + 90 kg ha⁻¹, 30 + 0 kg ha⁻¹, 30 + 60 kg ha⁻¹, 30 + 90 kg ha⁻¹, 60 + 60 kg ha⁻¹, 90 + 60 kg ha⁻¹ were used. The performed experiment was carried out on albic luvisols soil (pH_{KCl} – 5.8, P₂O₅ – 19.1 mg g⁻¹⁰⁰, K₂O – 15.0 mg g⁻¹⁰⁰, Mg – 6.3 mg g⁻¹⁰⁰). The soil mineral nitrogen content before sowing was 45 kg ha⁻¹. Perennial ryegrass was sown in last decade of August at the density of 400 seeds m⁻². The weather conditions were typical for this part of central western Poland (yearly mean temperature 7.93 °C and total precipitation 575 mm). The performed investigations comprised measurements of total nitrogen content in leaf blades of *Lolium perenne* by using of N-Tester and seed yield. Measurements with the N-Tester were performed in early spring after the initiation of vegetation on the youngest, fully-developed leaf and in the beginning of heading on the flag leaf. Utilising the model relation (Goliński 2001), on the basis of SPAD (soil-plant analyses development) values, the author calculated the content of nitrogen in the leaf blades of perennial ryegrass. The seed yield evaluation was performed on the basis of the seed weight threshed from the central part of a plot 16 m². The Wintersteiger plot combine harvester was used to harvest grass seeds. Seeds were dried to the moisture content of 14% and then weighed.

Results and discussion

It appears that content of nitrogen in leaves is a factor determining the level of seed yield of *Lolium perenne*. It is evident from data presented in Figs. 1 and 2 that lower nitrogen concentrations in leaf blades reduced the seed yield. This correlation was particularly apparent in the Dutch cultivars in the phase of the beginning of heading. The highest seed yield of 'Anna' was obtained at nitrogen content in leaf blades at the level of 54.0 g kg⁻¹ DM in early spring, while at the stage of beginning of heading – 57.0 g kg⁻¹ DM. These values in the remaining cultivars were as follows: 'Barylou' – 52.0 and 55.0 g kg⁻¹ DM, 'Baristra' – 51.0 and 56.0 g kg⁻¹ DM and 'Maja' – 47.0 and

* Department of Grassland Sciences, August Cieszkowski Agricultural University of Poznań, Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań, Poland, e-mail:pgolinski@au.pzn.pl

51.0 g kg⁻¹ DM, respectively. Rowarth and Archie (1995) also found that the nitrogen concentration in leaves optimal for the seed plantations of perennial ryegrass in the period from autumn to early spring was 5-6%. The determination of the nitrogen status in plant in spring can help evaluate the excess or deficit of this element and correct it if necessary. N-Tester was found to be a useful tool for easy and rapid determination of nitrogen content in leaf blades directly on plantations of *Lolium perenne*.

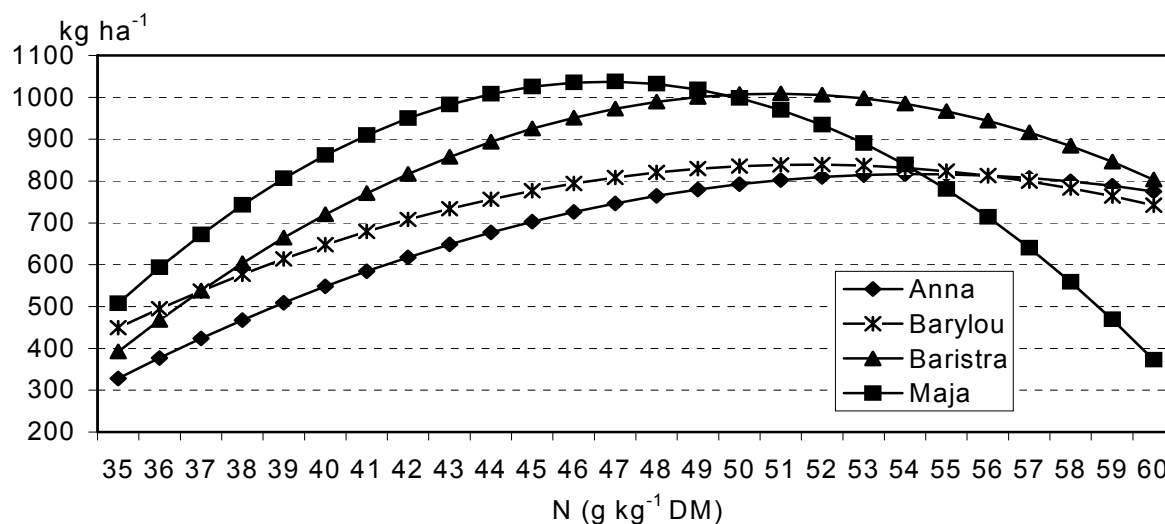


Fig. 1: Relationship between nitrogen status in leaf blades in early spring after the initiation of vegetation and seed yield of selected cultivars of *Lolium perenne*

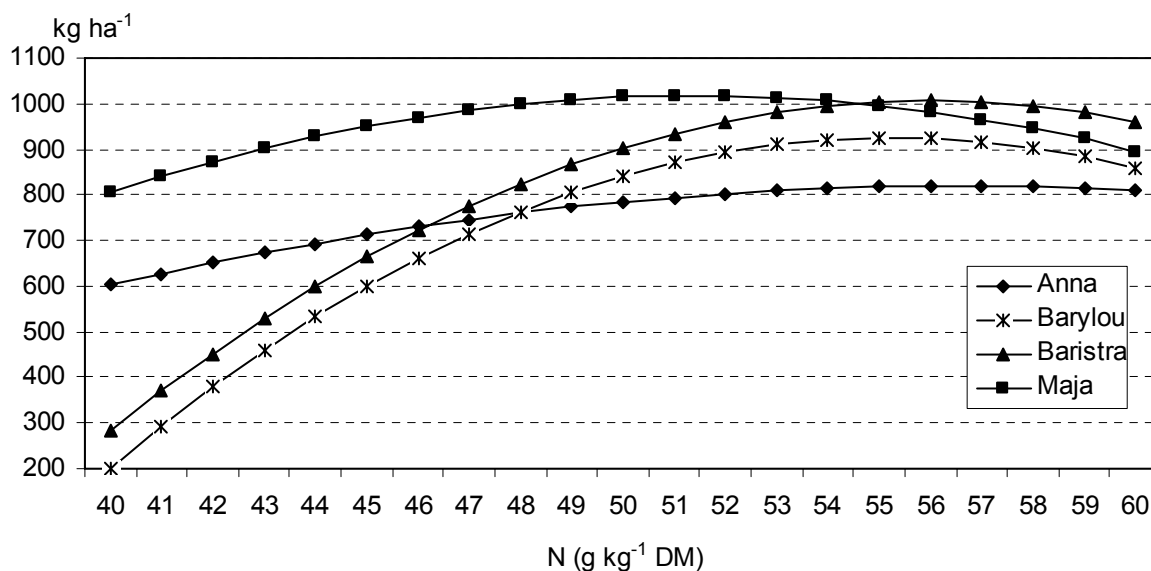


Fig. 2: Relationship between nitrogen status in leaf blades in the beginning of heading and seed yield of selected cultivars of *Lolium perenne*

References

- Goliński P. 2001: Effectiveness of nitrogen fertilization in seed production of *Lolium perenne*. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk. 321: 1-103.
- Rowarth J.S. und W.J. Archie 1995: A diagnostic method for prediction of seed yield in perennial ryegrass. Proc. 3rd Intern. Herb. Seed Conf., Halle (Saale): 64-67.

Ausdauer verschiedener Grasarten und Differenzierung der organischen Bodensubstanz nach 10-jähriger Rasennutzung unter Berücksichtigung von wöchentlichem Schnitt für Zierrasen und 2-maligem Schnitt für Landschaftsrasen

Renate Bockholt, Elke Hildebrandt & Lisa Dittmann*

Einleitung

Die mehr als 10 Jahre bestehende Demonstrations-Rasenanlage der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock, die auf zuvor acker- und gemüsebaulich genutzter Fläche angelegt ist, und deren 72 Parzellen einheitlich ohne jegliche Nachsaat und ohne Beregnung in gutem Zustand erhalten werden, wurde nach genau 10 Jahren einer Auswertung unterzogen.

Material und Methoden

Standort: lehmiger Sand, Bodentyp Parabraunerde; acker- und gartenbaufähig, Wasserstufe 2-, Feuchtezahl 4,5, nordostdeutsches Küstenklima (mittlere Jahrestemperatur 8,4°C, mittlere Jahresniederschläge 625 mm); Variation: *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Festuca arundinacea*, *Agrostis capillaris (tenuis)*, *Agrostis stolonifera*, *Poa pratensis*, *Poa supina*, *Poa trivialis* in speziell für Rasennutzung angebotenen Sorten; Schnitt: wöchentlicher Schnitt (2,5 cm) ohne Entfernung des Schnittgutes entsprechend einer Zierrasenrasennutzung in Gegenüberstellung zur 2-maligen Nutzung mit Entfernung des Schnittgutes (5 cm) entsprechend einer Nutzung als Landschaftsrasen; Düngung: 100 kg N, 10 kg P, 100 kg K /ha; Untersuchungen: Botanische Flächenanteilschätzung, Bodenproben in 3 Tiefen (0-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm), Labor-Untersuchung von org. Bodensubstanz, $C_t = C_{org.}$, N_t , S_t , im lufttrockenen Boden, statistische Auswertung

Ergebnisse und Diskussion

Reinsaaten von Horst - Rotschwingel (*Festuca rubra commutata*, *fallax*, *nigrescens*) besitzen nach diesen Ergebnissen die größte Ausdauer und Gefälligkeit als Zier- und Luxusrasen (Abb. 2). Der Einfluss der Sorten ist erheblich, besonders in Bezug auf die beste Ausdauer, geringste Verunkrautung, größte Gefälligkeit als Zierrasen (Schönheit, Barfußgefühl) werden von unabhängigen Gutachtern immer wieder dieselben Sorten mit > 85% Beständigkeit nach 10-jähriger Nutzung als Spitzensorten gewählt (*Festuca rubra* „Samt“, „Lifalla“, „Noro“ und „Rabo“, *Festuca ovina* „Biljard“ und „Crystal“). Bei Nutzung als Landschaftsrasen (2 Schnitte mit Entfernung des Schnittgutes) haben Rotes Straußgras (*Agrostis capillaris*), Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) und Rotschwingel (*Festuca rubra*) die größte Ausdauer bewiesen (Abb. 1).

Die Bodenparameter brachten bei einer Variationsbreite von 1-5 % OBS und einem Gesamtmittelwert von 4,4% statistisch gesicherte Differenzen in Abhängigkeit von der Nutzung, der Grasart und der Entnahmetiefe (Tab. 1). Eine langjährige Rasennutzung hatte bezüglich der Gehalte an organischer Substanz, C_t und N_t des Bodens bei allen Grasarten und bei wöchentlichem Schnitt mit Verbleib der Phytomasse eine geringfügige nicht signifikante Anreicherung in der oberen Schicht von 0-10 cm zur Folge. In den Schichten 11-20 cm und 21-30 cm erzielte die in den Vergleich einbezogene den Demonstrationsversuch umgebende Ackerfläche jedoch

* Agrar- u. Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

gesichert höhere Werte, so dass im Mittel von 0 bis 30 cm Bodentiefe die den Versuch umgebende weiterhin acker- und gemüsebaulich bewirtschaftete Fläche mit höherem Düngereinsatz bezüglich der organischen Substanz signifikant vorteilhafter war als Rasennutzung. Im Vergleich der Grasarten haben Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*), Wiesenrispe (*Poa pratensis*) und Rotschwengel (*Festuca rubra*) sich bei alleiniger Bezugnahme auf die Bodenschicht von 0-10 cm signifikant positiv von den Grasarten Schafschwengel (*Festuca ovina*) und Straußgras (*Agrostis capillaris, stolonifera*) unterschieden. Die Variabilität des S-Gehaltes steht in keinem sachlogisch erklärbaren Zusammenhang, der Mittelwert beträgt 0,023% S.

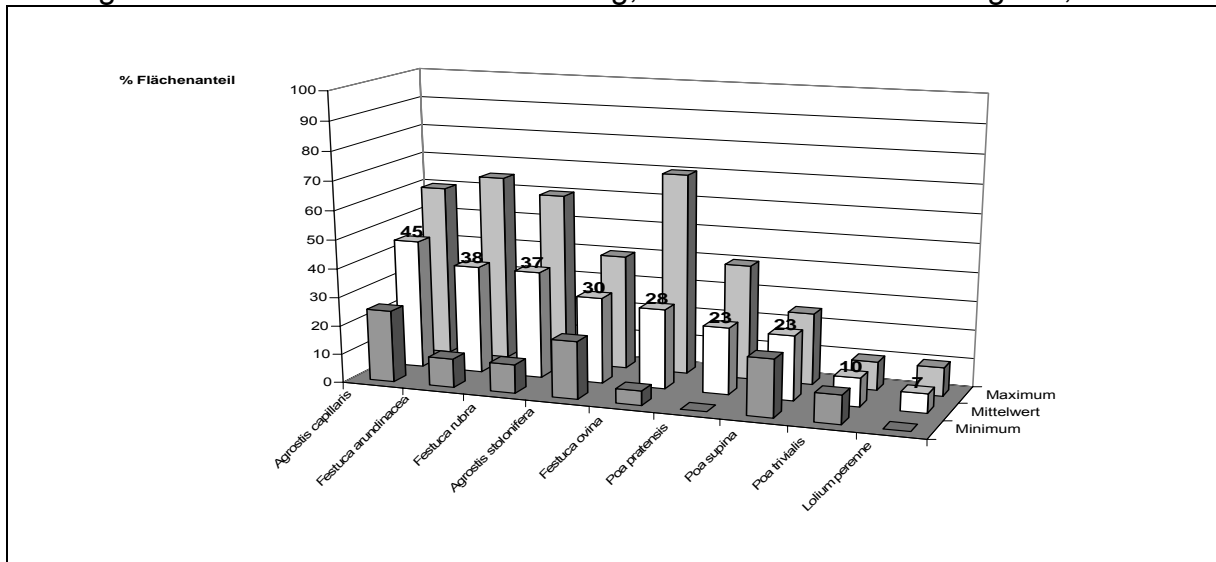


Abb. 1: Flächenanteile der Grasarten nach 10-jähriger Nutzung als Landschaftsrasen

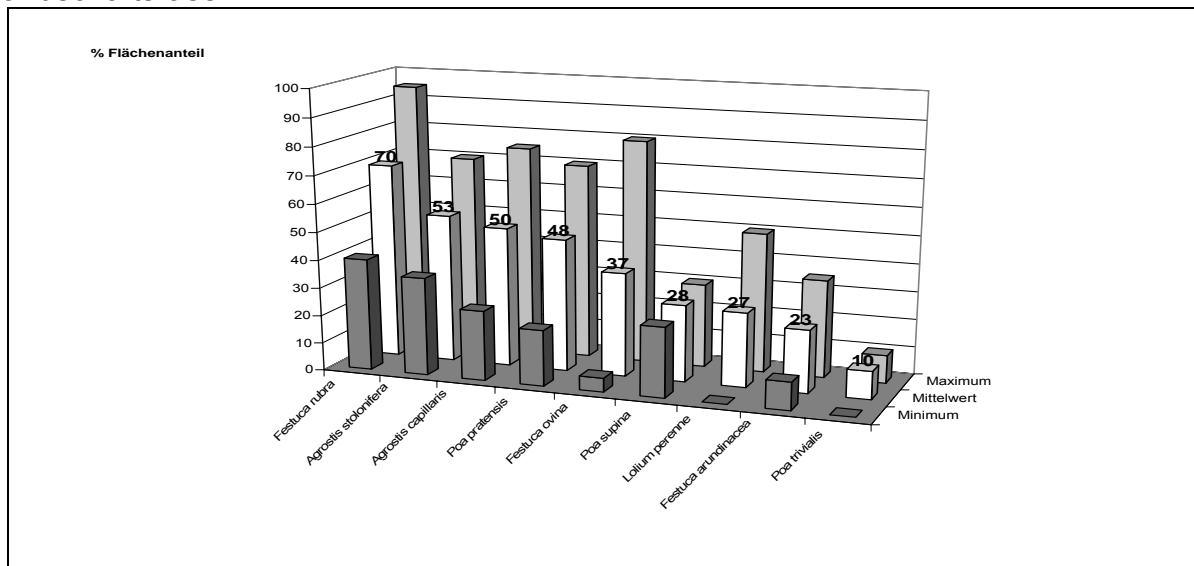


Abb. 2: Flächenanteile derselben Grasarten nach 10-jähriger Nutzung als Zierrasen

Tab. 1: Bodenanalytische Ergebnisse und Signifikanz der Differenzen

Tiefe	Organische Substanz (%)				C _t = C _{org.} (%)		N _t (%)	
	Acker	Zierrasen	L.Rasen	Mittel	Acker	Zierrasen	Acker	Zierrasen
0-10 cm	5,3 a	5,5 a	5,1 a	5,3 a	1,86	2,10	0,17	0,18
11-20 cm	5,3 a	4,3 b	4,3 b	4,3 b	1,87	1,53	0,16	0,14
21-30 cm	5,0 a	3,8 c	3,7 c	3,7 c	1,82	1,23	0,15	0,11
Mittel 0-30 cm	5,2 a	4,5 b	4,3 b	4,4 %	1,85	1,62	0,16	0,14

Zur Variabilität des Mineralstoffmusters verschiedener Ackerpferch-Zwischenfrüchte

Michaela Neff & Wilhelm Opitz von Boberfeld*

Einleitung

Zur Verlängerung des Frischfutterangebotes auf einem Ackerpferch bietet sich der gezielte Anbau von Zwischenfrüchten oder die Nutzung von Ausfallgetreide an. Neben wichtigen Aspekten der Futterqualität, wie Verdaulichkeit und Rohfasergehalt, gilt es, den Bedarf der Weidetiere an essentiellen Mineralstoffen zu decken. Aufgrund antagonistischer Wirkungen sind die vMineralstoffmuster ebenso entscheidend wie die absoluten Konzentrationen. Die Gefahr von Krankheiten, wie Weidetetanie oder Gebärparese, die durch Mineralstoffimbilanzen hervorgerufen werden können, kann durch die Berechnung des Ca/P-Quotienten sowie des K/(Ca+Mg)-Quotienten eingeschätzt werden.

Material und Methoden

Tab. 1: Variantentabelle

Faktoren	Stufen
1. Früchte	1.1 Winterraps, <i>Brassica napus ssp. napus</i> (AKELA (0), LIRATOP (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.2 Sommerraps, Weidetyp, <i>Brassica napus ssp. napus</i> (SPARTA (0), ORLY (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.3 Sommerraps, Schnitttyp, <i>Brassica napus ssp. napus</i> (PETRANOVA (0), LIFORUM (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.4 Herbstrübe, <i>Brassica rapa ssp. rapa</i> (AGRESSA, SILOGANOVA – 1,5 kg ha ⁻¹) 1.5 Einjähriges Weidelgras 4n, <i>Lolium multiflorum ssp. gaudinii</i> , spät (ANDY, JIVET – 50 kg ha ⁻¹) 1.6 Welsches Weidelgras 4n, <i>Lolium multiflorum ssp. italicum</i> (FABIO, ZORRO – 50 kg ha ⁻¹) 1.7 Ausfallgetreide, <i>Hordeum vulgare</i> (Wintergerste-Simulation – 500 kg ha ⁻¹)
2. Erntetermin	2.1 Anfang November 2.2 Mitte Dezember 2.3 Ende Januar
3. Jahr	3.1 2001/2002 3.2 2002/2003

Die Freilandversuche – gelegen 160 m ü. NN, südlich von Gießen – wurden als Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt, wobei der Saattermin die Hauptteilstücke, der Erntetermin die Mittelteilstücke und der Faktor Frucht die Kleinteilstücke belegte. Bei der Darstellung der Ergebnisse wird sich hier auf den Saattermin Ende Juli sowie auf das erste und zweite Untersuchungs-jahr beschränkt. Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurde das Pflanzenmaterial bei 550 °C trocken verascht und die Asche in 2% iger HNO₃-Lösung aufgenommen. Die Ca-, Mg-, K- und Na-Konzentrationen

wurden am Atomabsorptionsspektrometer (Schinkel 1984) und P wurde kolorimetrisch (Gericke & Kurmies 1952) bestimmt. Alle Ergebnisse beziehen sich auf die bei 103 °C ermittelte Trockensubstanz.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die Na-Konzentrationen, die Ca/P-Quotienten und die K/(Ca+Mg)-Quotienten in Abhängigkeit von Frucht, Ernte- und Saattermin. Die *Poaceen* können den Bedarf der Tiere von 0,15-0,2% Na (Opitz v. Boberfeld 1994) nicht decken; auch

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

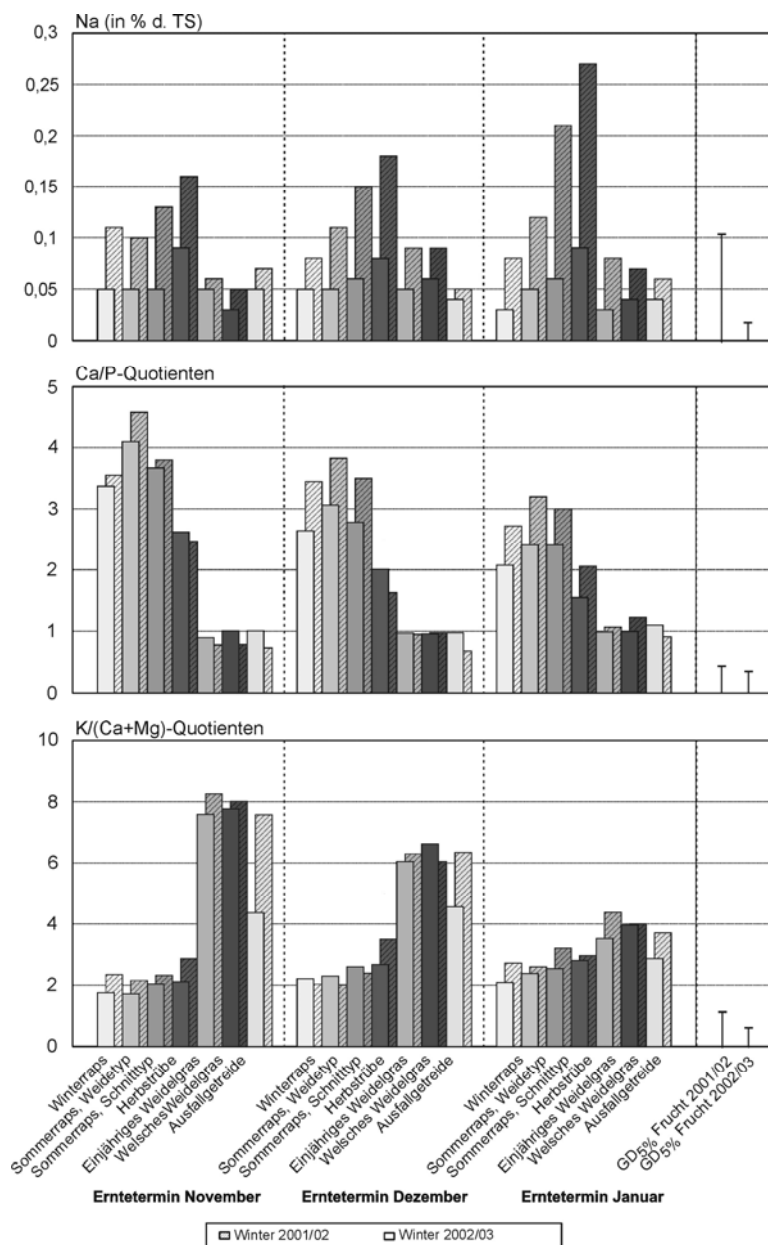


Abb. 1: Na-Konzentrationen, Ca/P-Quotienten und K/(Ca+Mg)-Quotienten in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin und Beobachtungsjahr

bei den *Brassicaceen* kann - v.a. bei früher Aussaat - ein Na-Mangel auftreten. Die höchsten Na-Konzentrationen werden bei der Herbstrübe erreicht. Wichtigste Varianzursache für die Ca/ P-Quotienten ist der Faktor Frucht; der Einfluss des Erntetermins ist ebenfalls in sämtlichen Untersuchungsjahren gesichert. Das angestrebte Ca/P-Verhältnis von 1,5-2:1 wird von den *Poaceen* meist unterschritten, während die *Brassicaceen* – insbesondere bei früher Ernte - ein weites Ca/P-Verhältnis aufweisen. Während die Ca/P-Quotienten der *Poaceen* im Laufe des Winters annähernd konstant bleiben, verengt sich das Verhältnis dieser Mineralstoffe zueinander bei den *Brassicaceen* mit fortschreitendem Erntetermin. Wichtigste Varianzursache für die K/(Ca +Mg)-Quotienten sind die Faktoren Frucht und Erntetermin; der Einfluss der Wechselwirkung Frucht x Erntetermin ist ebenfalls gesichert, da das K/(Ca +Mg)-Verhältnis bei den *Poaceen* im Laufe des Winters enger wird. Bei den *Poaceen* ist die Gefahr einer

Weidetetanie aufgrund hoher K-Konzentrationen in Verbindung mit niedrigen Ca- und Mg-Konzentrationen generell hoch. Bei der Herbstrübe werden v.a. bei verzögertem Erntetermin hohe Werte für die K/(Ca+Mg)-Quotienten erreicht; auch bei den drei Rapsformen liegen die Quotienten z.T. über dem kritischen Wert von 2,2.

Literatur

Gericke, S. & B. Kurmies, 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. – Z. Pflanzenern., Düngung, Bodenkde., 59: 235-247.
 Opitz v. Boberfeld, W., 1994: Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
 Schinkel, H., 1984: Bestimmung von Calcium, Strontium, Kalium, Lithium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Kobalt, Zink und Cadmium. – Analytische Chemie 317: 10-26.

Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung

Jana Kleen, Martin Gierus & Friedhelm Taube*

Einleitung

Der Weißklee gilt als bedeutendste Leguminose der Weidewirtschaft. So besitzt er eine gute Weideverträglichkeit, eine hohe Nutzungselastizität und die Fähigkeit sich dauerhaft in einem Bestand zu etablieren. Jedoch weist er auch ein begrenztes Ertragspotential im Vergleich zu anderen Futterleguminosen auf. Obwohl verschiedene Untersuchungen zu alternativen Futterleguminosen bereits stattgefunden haben, liegen bisher kaum Untersuchungen vor, die verschiedene Leguminosenarten unter unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen vergleichen. Das Ziel des Projektes besteht darin, potentielle alternative Futterleguminosen zum Weißklee bezüglich der Veränderungen ihrer Ertragsbildung unter Weide- und Schnittsystemen zu untersuchen. In Abhängigkeit der Leguminosenart und des Nutzungssystems werden Unterschiede in der Ertragsbildung erwartet.

Material und Methoden

Das Projekt wird auf dem Versuchsbetrieb „Lindhof“ der Universität Kiel durchgeführt. Die Versuchsanlage erfolgte als Spaltanlage in vollständig randomisiertem Blockdesign mit drei Wiederholungen. Der Rotklee (RK), Hornklee (HO), Kaukasusklee (KU), eine Schnitt- (LD) und eine Weideluzerne (LA), jeweils im Gemenge mit Dt. Weidelgras, sowie Reinsaat von Dt. Weidelgras mit Gülledüngung (DW+) und Dt. Weidelgras ohne Gülledüngung (DW-) wurden unter folgenden Nutzungssystemen im Vergleich zum Weißklee (WK) betrachtet: Siloschnitt (Silo), Beweidung (BW), simulierte Beweidung (SBW). Nur die Bestände mit WK, RK, HO und LA wurden beweidet. Zu jedem Termin wurden der TM-Ertrag, die phänologischen Entwicklungsstadien der Leguminosen und des Dt. Weidelgrases und die botanische Zusammensetzung der Bestände bestimmt. Die varianzanalytische Auswertung der Daten erfolgte mittels SAS-Program (proc mixed). Die Mittelwerte wurden mit dem Student t-Test mit dem WK verglichen und die Irrtumswahrscheinlichkeiten mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert.

Ergebnisse und Diskussion

Bei allen Leguminosen konnte zunächst eine Zunahme generativer Triebe festgestellt werden, anschließend nahm bei den meisten Arten der Anteil generativer Triebe bis zum Ende der Vegetationsperiode stetig ab. Unterschiede zwischen den Arten innerhalb eines Nutzungssystems ergaben sich v. a. bei der SBW, bei welcher der HO stets mehr generative Triebe aufwies als alle anderen Arten. Auch zur BW konnten beim HO zu den ersten Terminen höhere Anteile an generativen Trieben beobachtet werden. Das Dt. Weidelgras als Begleitgras verhielt sich sowohl unter den verschiedenen Nutzungssystemen, als auch in den verschiedenen Beständen mit den unterschiedlichen Arten ähnlich. So lag der Anteil generativer Triebe zu Untersuchungsbeginn in allen Varianten sehr hoch (bis 100%) und nahm zum zweiten Termin überall deutlich ab. Bei allen Arten konnte eine Zunahme der Bestandesanteile festgestellt werden. Im Frühjahr war im Vergleich zum WK (25,5%) über alle Nut-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

zungssysteme, ein höherer Anteil an RK (48,8%) und LA (53,7%) zu beobachten. Der HO (25%) war nicht signifikant unterschiedlich zum WK. Ferner konnte beobachtet werden, dass im Frühjahr der Leguminosenanteil in der BW und der SBW bei allen Arten größer war als im Silo. Am Ende der Vegetationsperiode konnten lediglich im Silo für die LA (62,3%) und den HO (60,5%) deutlich höhere Bestandesanteile im Vergleich zum WK (29,6%) beobachtet werden. Für alle anderen Systeme waren am Ende der Vegetationsperiode die Unterschiede zum WK für keine der untersuchten Arten signifikant. Unter der BW lagen die WK-Anteile über die ganze Vegetationsperiode hinweg zwischen 30 und 40%. Auch RK, LA und HO wiesen unter der BW tendenziell geringere Leguminosenanteile auf, als unter SBW und Silo. Die Unterschiede ließen sich jedoch nur für den HO zur Herbstbeprobung signifikant absichern.

Tab. 1a: TM-Erträge (g TS/m²/Jahr) der versch. Leguminosen unter versch. Schnittsystemen (Leguminosen: WK: Weißklee, RK: Rotklee, LA: Weideluzerne, HO: Hornklee, LD: Schnittluzerne, KU: Kaukasusklee, DW+: Dt. Weidelgras mit Gülle, DW-: Dt. Weidelgras ohne Gülle. Nutzungssysteme: Silo: Siloschnitt, SBW: simulierte Beweidung, BW: Beweidung). SE=55,6

Art/System	WK	RK	LA	HO	LD	KU	DW+	DW-
Silo	970 ^a	1073 ^a	1200 ^{a*}	1084 ^a	1115 ^a	893 ^a	478 ^{a*}	390 ^{a*}
SBW	898 ^a	729 ^b	845 ^b	728 ^b	801 ^b	756 ^a	450 ^{a*}	347 ^{a*}

^{a, b} signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zw. den Systemen.

* signifikant unterschiedlich ($P < 0,05$) zum Weißklee innerhalb der Leguminosenarten

Tab. 1b: TM-Erträge (g TS/m²/Jahr) der versch. Leguminosen unter Schnitt- und Beweidungssystemen. SE=65,4

Art/System	WK	RK	LA	HO
BW	1115 ^a	955 ^a	759 ^{b*}	1041 ^a
SBW	898 ^a	729 ^b	845 ^b	728 ^b
Silo	970 ^{ab}	1073 ^a	1200 ^{a*}	1084 ^a

^{a, b} signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zw. den Systemen.

* signifikant unterschiedlich ($P < 0,05$) zum Weißklee innerhalb der Leguminosenarten

Unter der BW wies die LA von allen Arten die geringsten Erträge auf. Dagegen wies die LA beim Silo als einzige Art deutlich höhere Erträge auf als der WK, während unter SBW für keine Art signifikante Unterschiede zum WK festgestellt werden

konnten. Bei einer weiteren Auswertung innerhalb der Schnittsysteme wiesen sowohl DW-, als auch DW+ signifikant geringere Erträge auf als der WK. RK, LA, LD und HO bildeten im Silo signifikant höhere Erträge als unter SBW. Auch KALLENBACH et al. (2002) konnten feststellen, dass mit einer zunehmenden Nutzungsintensität, von einer 4-Schnittnutzung zu einer 5- bzw. 6- Schnittnutzung die Erträge bei allen untersuchten Luzernesorten abnahmen. Beim WK und KU, konnten in der vorliegenden Untersuchung dagegen mit zunehmender Nutzungsintensität keine signifikanten Unterschiede im Ertrag festgestellt werden.

Wenngleich der Weißklee als bedeutendste Leguminose der Weidewirtschaft gilt, so konnten für den Rotklee und den Hornklee vergleichbare Ertragsleistungen unter Beweidung ermittelt werden. Lediglich die Weideluzerne wies deutlich geringere Erträge auf als der Weißklee

Literatur

- Kallenbach, R. L., Nelson, C. J., and Coutts, J. H.: Yield, Quality and Persistence of Grazing – and Hay – Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies. *Agron. J.* 94:1094-1103 (2002)
- Schils, R. L. M., Vellinga, T. V.; and Kraak, T.: Dry – matter yield and herbage quality of perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. *Grass and Forage Science*, 54:19-29 (1999)

Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais (*Zea Mays* L.) - Quantifizierung der umweltbedingten Variation mit dem Modell FOPROQ

Sandra Kruse, Antje Herrmann, Alois Kornher & Friedhelm Taube*

Einleitung

Neben der Vorhersage des optimalen Erntetermins bietet die Modellierung im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose von Silomais“ die Möglichkeit, eine differenzierte Charakterisierung von Sortentypen anhand futterwertbestimmender Parameter zu entwickeln. Der Futterwert von Silomais wird neben dem Stärkegehalt entscheidend durch die Gehalte an Gerüstsubstanzen NDF (neutral detergent fiber), ADF (acid detergent fiber) und ADL (acid detergent lignin) determiniert. Deren Anteile an der Gesamtpflanze sind im Verlauf der Abreife systematischen Veränderungen unterworfen, die in hohem Maße durch den Genotyp, aber auch durch Umweltbedingungen beeinflusst werden.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die umweltbedingte Variation der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf modellmäßig zu quantifizieren. Die Modellierung der Qualitätsveränderungen im Modell FOPROQ (Kornher et al., 1991) beruht auf der engen Beziehung zur phänologischen Entwicklung, die durch Umweltbedingungen wie Temperatur, Einstrahlung und pflanzenverfügbares Bodenwasser gesteuert wird.

Material und Methoden

In den Jahren 2001-03 wurden die vorgestellten Daten in einem Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel erhoben. Acht Silomaissorten, die das Sortenspektrum von Silomais hinsichtlich Reifegruppe, Abreifeverhalten und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung repräsentieren wurden an sechs Terminen innerhalb der Vegetationsperiode beprobt (1 Termin vor, 5 nach der Blüte). Die Gehalte an NDF und ADF im Kolben bzw. in der Restpflanze wurden mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) ermittelt, wobei Kalibrations- und Validationsproben in Anlehnung an Goering und van Soest (1970, zit. in Naumann und Bassler, 1976) ermittelt wurden. Die Gehalte der Gesamtpflanze wurden anhand der Anteile von Kolben und Restpflanze und deren Gehalte berechnet.

Das Qualitätsmodell unterstellt die Existenz zweier Qualitätslevels, wobei die Qualitätsveränderungen von einem zum anderen kontinuierlich erfolgen und durch Umweltbedingungen wie Temperatur, Strahlung und pflanzenverfügbares Bodenwasser beeinflusst werden. Über geeignete Funktionen werden die Umweltbedingungen in entsprechende Veränderungsraten konvertiert, aufsummiert und zu dem betreffenden Qualitätsmerkmal in Relation gesetzt. Eine Optimierungsroutine erlaubt die Minimierung der Abweichung zwischen den gemessenen und simulierten Daten auf Basis der Summe der kleinsten Quadrate. Die Kalibrierung der Modellparameter wurde sortenspezifisch vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Beispielhaft sind in Abbildung 1 die Verläufe der NDF- bzw. ADF-Gehalte in der Gesamtpflanze der Sorte Oldham (frühe Reifegruppe, normal abreifend) und Fuego

* Inst. für Pflanzenbau und -züchtung -Grünland und Futterbau/Ökolog. Landbau- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

(mittelfrühe Reifegruppe, stay green) dargestellt. Die Gehalte an NDF und ADF in der Gesamtpflanze konnten mit einem mittleren Prognosefehler (RMSE= root mean squared error) von 0,825-1,464 und einem Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,83-0,94 zufrieden stellend mit dem Modell abgebildet werden.

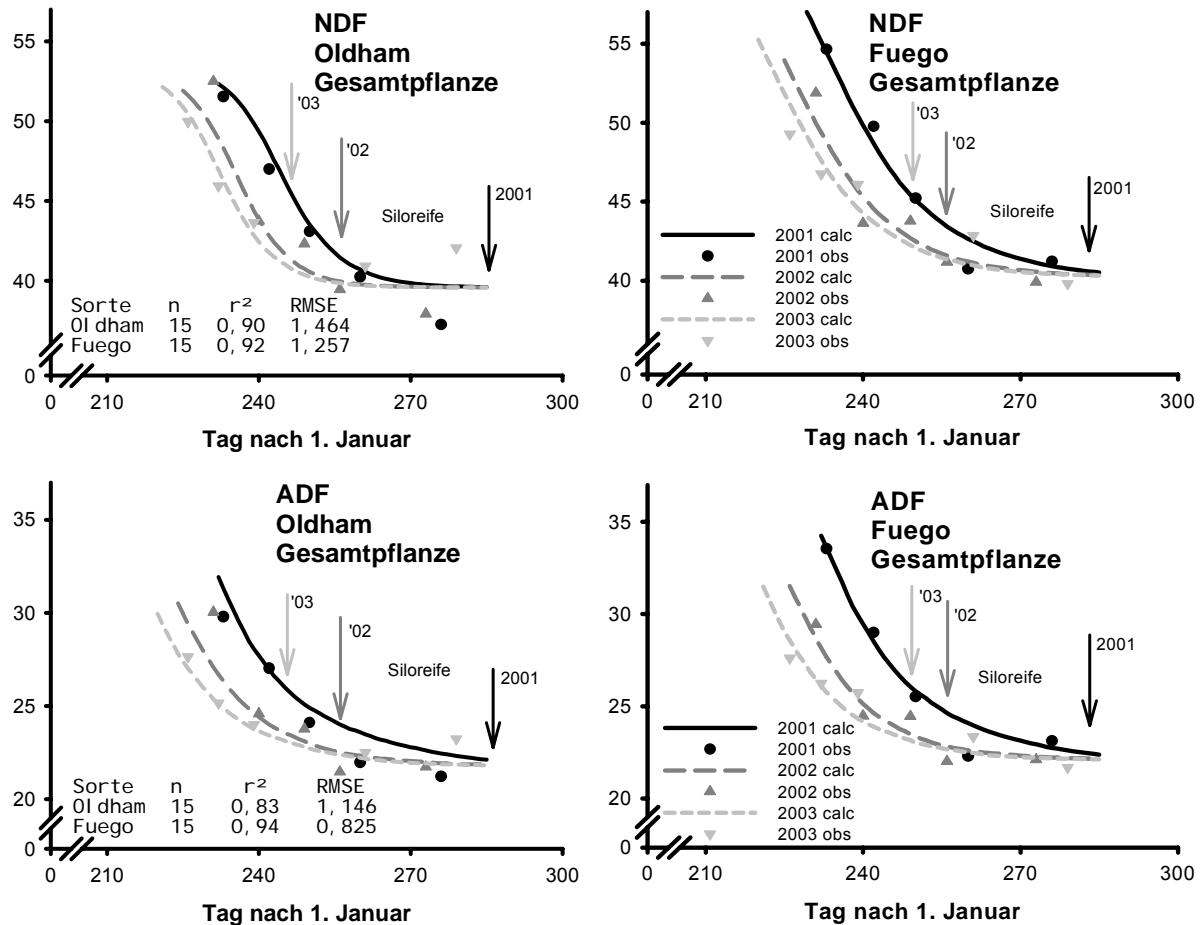


Abb. 1: Simulierte (Linien) und gemessene (Symbole) NDF- und ADF-Gehalte in der Gesamtpflanze der Sorten Oldham und Fuego in den Jahren 2001-2003.

Die Gehalte an NDF und ADF in der Gesamtpflanze variieren deutlich zwischen den Jahren, welches im Wesentlichen in einer verzögerten Abreife im Jahr 2001 aufgrund niedriger Temperaturen (Tagesmitteltemperatur, berechnet jeweils vom 01.05.-30.09.: 2001: 14,8 °C; '02: 16,4 °C; '03: 16,7 °C) begründet ist. Die Höhe der Einstrahlung (Tagesmittel Globalstrahlung: 1658,0 J cm⁻²; 1557,8 J cm⁻²; 1731,5 J cm⁻²), sowie der im Jahr 2003 auftretende Trockenstress (Niederschlagssumme: 436mm, 445mm, 210mm) scheinen hingegen einen geringen Einfluss ausgeübt zu haben, wie der Vergleich der Jahre 2002 und 2003 zeigt. Die deutlichsten Differenzierungen zwischen den Jahren zeichnen sich in der frühen Entwicklungsphase ab, wohingegen sich die Verläufe mit zunehmender Abreife annähern. Im Bereich der Siloreife sind keine Sortenunterschiede zwischen Oldham und Fuego bezogen auf die NDF- und ADF-Gehalte der Gesamtpflanze feststellbar.

Literatur

- Kornher, A., P. Nyman, und F. Taube 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das Wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.
- Naumann, C., R. Bassler, 1976: Methodenbuch Bd.III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. Verlag Neumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.

Regionale Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis

Antje Herrmann¹, Alois Kornher¹, Frank Höppner², Jörg Michael Greef², Jürgen Rath³
& Friedhelm Taube¹

Einleitung

Sowohl die Sortenwahl als die Terminierung des Erntezeitpunktes von Silomais sollten mit dem Ziel getroffen werden, die höchstmögliche Futterqualität zu erreichen. In der landwirtschaftlichen Praxis sind jedoch oft verfrühte oder verspätete Erntetermine zu beobachten, die zu Problemen im Hinblick auf eine verstärkte Sickersaftbildung bzw. Nachgärung führen können. Ziel eines in Kooperation mit der FAL Braunschweig und dem Deutschen Maiskomitee durchgeführten Projektes ist es daher, ein bundeseinheitliches, praxisgerechtes Prognosesystem zur regionalen Vorhersage der Silomaisabreife zu entwickeln. Die Eignung von 3 Modellen wird untersucht: (i) das Temperatursummenmodell nach AGPM mit einer Basistemperatur von 6 °C (GDD-6), (ii) ein modifiziertes Temperatursummenmodell nach DMK unter Verwendung einer Basistemperatur von 8 °C (GDD-8) und (iii) das mechanistische, ursprünglich für Grünland entwickelte Modell FOPROQ (Kornher et al., 1991), welches neben der Temperatur weitere Erklärungsgrößen berücksichtigt und zum Modell MAIS_{PROG} weiterentwickelt wurde. Ergebnisse zur Validierung der Modelle und die Umsetzung des Modells MAIS_{PROG} in die Praxis werden vorgestellt.

Material und Methoden

Die Datenerhebung für die Modellkalibrierung erfolgte während 4 Versuchsjahren (2000-2003) an über 20 Standorten bundesweit, Daten für eine Modellvalidierung werden im Jahr 2004 und 2005 erhoben. Eine Voraussetzung für die Entwicklung eines bundeseinheitlichen Prognosemodells war weiterhin die hinreichende Erfassung der genotypisch bedingten Variation des Abreifeverhaltens im Maissortenspektrum. Hierzu wurde ein Prüfsortiment von 8 Genotypen ausgewählt. Für die Validierung wurde das Abreifeverhalten von 6 Genotypen an insgesamt 10 Standorten geprüft. Zur Vorgehensweise bei der Datenerhebung siehe Herrmann et al. (2004).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Validierung bestätigen die prinzipielle Eignung der untersuchten Modelle: alle drei Modelle weisen für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze einen absoluten Prognosefehler von lediglich ca 2 % auf (Tab. 1). Die geringen Unterschiede in der Güte der Anpassung zwischen den Modellen beruhen wahrscheinlich darauf, dass im Versuchsjahr 2004 an keinem der Standorte ein stärkerer Wassermangel zu verzeichnen war. Nichtsdestotrotz konnte der Prognosefehler für den TM-Gehalt berechnet ab Aussaat mit dem Modell MAIS_{PROG} vermindert werden. Ist die Entwicklung der Pflanze durch Trockenstreß beeinflusst, kann der Prognosefehler durch die Einbeziehung der Einstrahlung und des Bodenwasserhaushaltes im Modell MAIS_{PROG} um bis zu 71% gegenüber den Temperatursummenmodellen reduziert werden

¹ Inst. für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität zu Kiel

² Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

³ Deutsches Maiskomitee e.V., Bonn

(Herrmann et al., 2004). Bei Berechnung ab weiblicher Blüte zeigt sich die Überlegenheit von MAIS_{PROG} nur bei den mittelfrühen bzw. mittelspäten Sorten Probat/LG3226 und Benicia. Während für das GDD-6 Modell der Prognosefehler bei Berechnung ab Blüte im Vergleich zur Berechnung ab Aussaat reduziert ist, weisen die 8 °C-Variante und das Modell MAIS_{PROG} einen tendenziell höheren Fehler auf. Diese Effekte sind vermutlich auf die niedrigen Temperaturen in der Jugendentwicklung zurückzuführen. Für den TM-Gehalt des Kolbens ist ein absoluter Prognosefehler von 2.5 bis 3 % zu verzeichnen. In Übereinstimmung zur Modellkalibrierung kann durch das Modell MAIS_{PROG}, mit Ausnahme von Arsenal/Justina, ebenfalls eine Fehlerreduktion gegenüber den GDD-Modellen erreicht werden.

Das Jahr 2004 wurde als Testphase für die Einführung des Modells MAIS_{PROG}, welches die höchste Prognosegüte aufwies, in die landwirtschaftliche Praxis genutzt. Für die Prognosenerstellung wurden täglich von 240 Stationen die aktuellen Wetterdaten abgerufen. Die Daten werden zum Webserver des DMK übertragen, auf den die Nutzer zugreifen können. In der Testphase wurden die Prognosen für die Reifegruppen sowie verschiedene Aussaattermine und Niederschlagsklassen berechnet. Ab 2005 wird die Maisabreife sortentypspezifisch beschrieben und das System im Internet allgemein zugänglich gemacht (www.maiskomitee.de). Die Erntezeitprognose steht kostenlos in einer Basisversion zur Verfügung, in der allerdings nur der Durchschnittswert für die Reifegruppen im Anbaugebiet ermittelt wird. Mit Premium Login können angemeldete Benutzer oder DMK-Mitglieder die für sie nächstgelegene Wetterstation auswählen und für jede Sorte eine individuelle Prognose erstellen lassen.

Tab. 1: Ergebnisse der Validierung (2004) für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze, berechnet ab Aussaat und Blüte), und den TM-Gehalt des Kolbens.

	Sorte	n	MAIS _{PROG}		GDD-6		GDD-8	
			r ²	RMSE	r ²	RMSE	r ²	RMSE
TM-Gehalt ab Aussaat (g kg ⁻¹ FM)	Arsenal & Justina	43	0.88	1.94	0.84	2.52	0.89	2.04
	Oldham	36	0.85	2.37	0.78	3.03	0.82	2.39
	Probat & LG3226	39	0.85	1.96	0.78	2.66	0.82	2.18
	Benicia	33	0.88	1.78	0.79	2.20	0.87	1.80
TM-Gehalt ab Blüte (g kg ⁻¹ DM)	Arsenal & Justina	40	0.90	2.04	0.92	2.05	0.91	1.93
	Oldham	33	0.77	2.98	0.83	2.86	0.82	2.77
	Probat & LG3226	36	0.88	2.07	0.92	2.42	0.91	2.23
	Benicia	32	0.90	1.64	0.91	2.18	0.92	1.97
TM-Gehalt Kolben (g kg ⁻¹ FM)	Arsenal & Justina	40	0.92	2.96	0.92	3.05	0.93	2.69
	Oldham	33	0.93	2.56	0.92	2.75	0.93	2.62
	Probat & LG3226	36	0.96	2.24	0.93	2.85	0.94	2.78
	Benicia	33	0.94	2.92	0.94	3.12	0.96	3.08

Literatur

- Herrmann, A., Kornher, A., Höppner, F., Greef, J.M., Rath, J. und F. Taube 2004. Erntezeitprognose von Silomais – ein Modellvergleich. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 6, 155-158.
- Kornher, A., P. Nyman, und F. Taube 1991: Ein ComputermodeLL zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das Wirtschaftseigene Futter 37, 232-248

Auswirkungen variiertes Nutzungstermine auf den Ertrag und die Stickstofffixierleistung in ökologisch bewirtschafteten Luzernebeständen im pannonischen Klimaraum Ostösterreichs

Regina Hrbek, Gabriele Pietsch & Jürgen K. Friedel*

Einleitung

In Anbausystemen des Ökologischen Landbaus wurden zu den praxisüblichen Bewirtschaftungsterminen massive Ausfälle von Niederwild und bodenbrütenden Vögeln, die ähnliche Lebensraumsprüche zeigen, beobachtet. Für die Feldlerche ist keine ausreichende Reproduktion aufgrund der praxisüblichen kurzen Mahdintervalle möglich. Für andere Feldvögel und den Feldhasen kann eine ähnliche Problematik angenommen werden (STEIN-BACHINGER et al. 2002). Besonders große Verluste durch das Luzerne-Häckseln konnte in dem Zeitraum Ende Mai bis Mitte Juni in einer Vorstudie des Distelvereines belegt werden (DISTELVEREIN 2003: 48). Vor diesem Zeitraum waren die Verluste sehr gering. Für den zweiten Luzerne-Schnitt wurden bisher noch keine Daten erhoben. Es ist aber anzunehmen, dass auch spätere Häckseltermine die Populationen beeinträchtigen. Im Rahmen dieser Untersuchung sollte geklärt werden, ob und in welchem Umfang die aus wildtierbiologischer Sicht sinnvolle Vorverlegung des ersten Nutzungstermins (zwei Wochen früher als der produktionsoptimierte, praxisübliche Nutzungstermin) und die Verzögerung des zweiten Nutzungstermins (zwei Wochen später als in der produktionsoptimierten Variante) die Ertrags- und biologische N₂-Fixierleistung von Luzerne beeinflusst.

Material und Methoden

Der Feldversuch zur Untersuchung von Stickstofffixierleistung und Ertrag wurde in der Vegetationsperiode 2004 auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (Marchfeld, östlich von Wien) durchgeführt. Es handelt sich um eine Versuchsanlage mit 2 Versuchsvarianten (naturschutzoptimiert und produktionsoptimiert). Der Versuch wurde in 4-facher Wiederholung in einem Blockversuch angelegt. Der Standort Raasdorf ist durch spezifische pannonische Klimabedingungen geprägt (geringe Niederschlagssummen von 500 - 550 mm im Jahr, Dürreperioden von 3 - 6 Wochen pro Jahr, Jahresdurchschnittstemperatur 9,8° C). Die Monatsmittelwerte der Temperatur 2004 sind dem langjährigen Monatsmittel angepasst. Im April und Mai 2004 waren die Niederschläge etwas geringer als der langjährige Durchschnitt, während im Juni 2004 die Niederschläge deutlich höher waren. Die Monate Juli – September 2004 waren demgegenüber extrem trocken.

Da sich bei der mehrfaktoriellen Varianzanalyse in keinem Fall signifikante Blockeffekte ergaben, wurde der Versuch einfaktoriell ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenzahl pro m² zum Feldaufgang der Luzerne beider Nutzungsregime unterschied sich nicht signifikant voneinander. Der gesamt-pflanzliche Trockenmasseertrag war sowohl bei der ersten Mulchnutzung (Spross und Stoppel; naturschutzoptimierte Variante: 3640 kg ha⁻¹; produktionsoptimierte Variante: 5266 kg ha⁻¹) als auch insgesamt (1. Mulchnutzung: Spross und Stoppel; 2. Mulchnutzung: Spross, Stoppel

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien

und Wurzeln) beim naturschutzoptimierten Nutzungsregime (7839 kg ha⁻¹) signifikant geringer als beim produktionsoptimierten Nutzungsregime (11792 kg ha⁻¹).

Die gesamt-pflanzliche N₂-Fixierleistung beim ersten Mulchtermin des naturschutzoptimierten Nutzungsregimes war signifikant geringer (um 40 %) als die des produktionsoptimierten Nutzungsregimes (siehe Tab. 1). Grund dafür war der signifikant höhere Spross-TM-Ertrag der Variante 2 (die N₂-Fixierungsleistung ist ein Produkt aus Ndfa, N-Gehalt und TM-Ertrag, d.h. ist ertragsabhängig). In der vorliegenden Arbeit konnte ein enger Zusammenhang zwischen Spross-TM-Ertrag und der N₂-Fixierleistung zum 1. Mulchtermin festgestellt werden. Die Jahres-N₂-Fixierungsleistungen von Futterleguminosen (= Summe der Einzelaufwuchs-N₂-Fixierleistungen) sind von größerer Bedeutung für die N-Versorgung der Nachfrüchte als die Einzelaufwuchs-N₂-Fixierleistungen. In der vorliegenden Untersuchung betrug die Jahres-N₂-Fixierleistung in der naturschutzoptimierten Variante 154 kg N ha⁻¹ gegenüber 208 kg N ha⁻¹ bei der produktionsoptimierten Variante. Weder die Jahres-N₂-Fixierleistung noch der Anteil des Leguminosen-N aus der Luft (Ndfa; 1. Mulchtermin: Variante 1 = 66 %, Variante 2 = 73 %; 2. Mulchtermin: Variante 1 = 76 %, Variante 2 = 68 %) unterschieden sich signifikant zwischen den Varianten.

Tab. 1: N₂-Stickstofffixierleistung der Luzerneparzellen in kg ha⁻¹

Variante	N _{fix} zum 1. Mulchtermin (Spross, Stoppel)	N _{fix} zum 2. Mulchtermin (Spross, Stoppel, Wurzel)	SUMME
1	65 ^b (±10)	89 ^a (± 39)	154 ^a (± 49)
2	109 ^a (± 8)	99 ^a (± 32)	208 ^a (± 30)

Legende: Variante 1 (naturschutzoptimiert); Variante 2 (produktionsoptimiert); angegeben sind der Mittelwert und in Klammer die Standardabweichung; Mittelwerte einer Spalte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich (Einfaktorielle ANOVA, P < 0,05)

Eine an den Bedürfnissen der Wildtiere orientierte Verschiebung der Nutzungstermine von Luzerne hat aus pflanzenbaulicher Sicht daher für die Versorgung der Fruchtfolge mit Stickstoff keinen deutlichen, nachteiligen Effekt. Die Verringerung der Jahres-N₂-Fixierleistung, die sich in den Ergebnissen andeutet, ist witterungsabhängig und nur bei der Kombination einer guten Wasserversorgung zum ersten Aufwuchs und mit Trockenheit zum zweiten Aufwuchs, wie in dieser Untersuchung aufgetreten, zu erwarten.

Literatur

- DISTELVEREIN, 2003: Wirkungsgefüge Biolandbau und Artenschutz. Attraktivität von biologisch bewirtschafteten Feldern für Indikatorarten der offenen Agrarlandschaft im pannonischen Raum. 2. überarbeitete Fassung. Studie im Rahmen der ÖPUL-Evaluierung 2003. Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 52 S.
- STEIN-BACHINGER, K.; FUCHS, S. UND PETERSEN, H., 2002: Integration von Naturschutzzielen in Produktionssystemen des Ökologischen Landbau – Möglichkeiten und Konfliktfelder. Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 494, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 196 – 201.

Gäreigenschaften und Gärfutterqualität festucoider und loloider Gattungsbastarde

Wilhelm Opitz von Boberfeld*

Einleitung

Für die Erzeugung von Winterfutter "auf dem Halm" weisen wintergrüne, winterharte, erektophile Arten besondere Vorzüge auf, die - für ein ausreichendes Futterangebot im Winter - ab Sommer nicht mehr zu nutzen sind. Diesen Anforderungen entspricht *Festuca arundinacea* weitgehend; nachteilig ist allerdings die recht eingeschränkte Futterakzeptanz dieser Art. Gattungskreuzungen der Partner *Festuca arundinacea* und *Lolium multiflorum* könnten durch Hybrideffekte diesen Nachteil abschwächen (Wacker et al. 1984). Nachdem Informationen über die Eigenschaften verschiedener *xFestulolium*-Bastarde für die Verwendung als Winterfutter "auf dem Halm" vorliegen (Opitz v. Boberfeld & Banzhaf 2004), ist es sowohl unter grundsätzlichen als auch praktischen Erwägungen lohnend, der Frage nach den auslesebedingten Gäreigenschaften und der Silagequalität nachzugehen.

Material und Methoden

Es kamen Reinbestände zur Aussaat. Die genetische Basis der Sorten lässt sich folgendermaßen charakterisieren:

KORA, *Festuca arundinacea* (Rohrschwengel), $2n = 6x = 42$ Chromosomen als Standard mit ausgeprägter Winterhärte und guter Ausdauer. FELINA, *xFestulolium pabulare* (Rohrschweidel), $2n = 6x = 42$ Chromosomen, festucoid, Hybride aus *Festuca arundinacea* ($2n = 6x = 42$) x *Lolium multiflorum* ($2n = 2x = 14$), Überwindung der Sterilitätsbarriere durch Rückkreuzung mit *Festuca arundinacea* und nicht über Polyploidisierung vor der Kreuzung mit dem Resultat octoploider (56 chromosomiger) Bastarde. HYKOR, *xFestulolium pabulare* (Rohrschweidel), $2n = 6x = 42$ Chromosomen, festucoid, entstanden wie die Sorte Felina. LOFA, *xFestulolium pabulare* (Rohrschweidel), $2n = 4x = 28$ Chromosomen, loloid, Hybride aus *Festuca arundinacea* ($2n = 6x = 42$) x *Lolium multiflorum* ($2n = 2x = 14$), Überwindung der Sterilitätsbarriere durch Rückkreuzung mit *Lolium multiflorum*. PERUN, *xFestulolium braunii* (Wiesenschweidel), $2n = 4x = 28$ Chromosomen, loloid, Hybride aus tetraploidem *Festuca pratensis* ($2n = 4x = 28$) x tetraploidem *Lolium multiflorum* ($2n = 4x = 28$), durch die Verdoppelung der Chromosomenzahl sind größere Fertilitätsprobleme nicht existent.

Zu den Primäraufwüchsen wurden 50 kg N ha^{-1} als Kalkammonsalpeter gegeben. Genutzt wurde das Material jeweils in der ersten Woche im Juni. Das auf 2 cm gehäckselte Erntegut auf 32% TS – Spanne 31 - 33% TS – vorgewelkt und in 2 l Laborsilos 90 Tage siliert. Die Schätzung der *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz erfolgte durch den Hohenheimer Futterwert-Test über die Variablen Gasbildung und Rohprotein-Konzentration nach der Schätzgleichung 41 f. Rohprotein wurde über Kjeldahl, wasserlösliche Kohlenhydrate mit Anthron, die Pufferkapazität zur Berechnung des Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten (= Z/Pk) nach Weissbach (1967) und der Vergärbarkeitsquotient wurde aus dem TS-Gehalt in %, hier 32, addiert mit dem Produkt aus $8 \cdot \text{Z/Pk}$ ermittelt. Nach 90 Tagen Lagerzeit wurde die Silagequalität untersucht, hierfür wurden erfasst: der pH-Wert, der $\text{NH}_3\text{-N}$ -

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen

Anteil am Rohprotein-N-Gehalt, die Gehalte an flüchtigen Gärssäuren sowie Alkohol gaschromatografisch und colorimetrisch die Konzentration an Milchsäure.

Ergebnisse und Diskussion

Die Eigenschaften des vorgewelkten Materials sind in Tab. 1 zusammengestellt. Aus den Z/Pk-Quotienten $\leq 1,6$ bzw. den Vergärbarkeits-Koeffizienten $\leq 45,0$ lässt sich abschätzen, dass u.U. ein gewisses Fehlgärriisiko bei den festucoiden Sorten im ersten Beobachtungsjahr vorliegt; die loloiden Sorten unterschieden sich in dem Beobachtungsjahr signifikant von den festucoiden Sorten. In der Verdaulichkeit organischer Substanz lag in den meisten Fällen ein gesicherter Unterschied zwischen den loloiden und festucoiden Sorten vor.

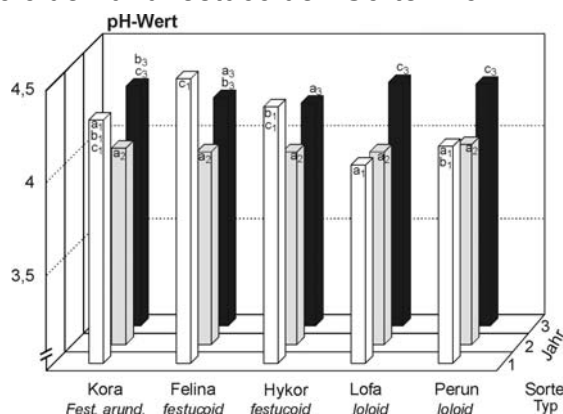


Abb. 1: pH-Werte in Abhängigkeit von Sorte und Jahr

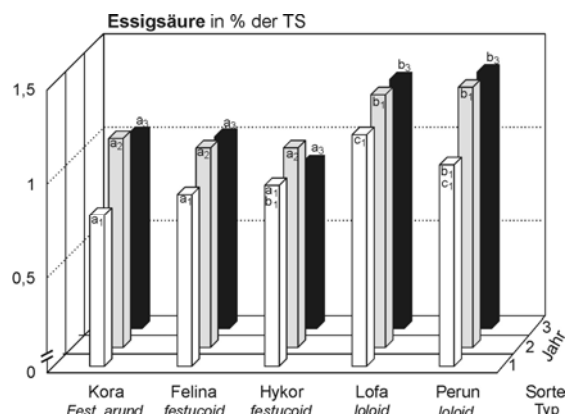


Abb. 2: Essigsäure-Konzentrationen in Abhängigkeit von Sorte und Jahr

Die pH-Werte spiegelt die Abb. 1 wider. Aus den in Abb. 2 wiedergegebenen Konzentrationen an Essigsäure ist erkennbar, dass im zweiten und dritten Beobachtungsjahr die loloiden Sorten die gesichert höchsten Werte aufweisen; die absoluten Unterschiede zu den festucoiden Sorten sind jedoch gering. Die flüchtigen Fettsäuren sind hier ausschließlich durch die Essigsäure repräsentiert; Propion-, Butter-, Valerian- und Capronsäure einschließlich der iso-Formen lagen unter der gaschromatischen Nachweisgrenze.

Tab. 1: Eigenschaften des vorgewelkten Materials

Sorte	KORA festucoid	FELINA festucoid	HYKOR festucoid	LOFA loloid	PERUN loloid	GD 5% Sorten
Verdaulichkeit org. Subst. in % d. TS						
Jahr 1	66,5	65,5	65,2	68,9	67,7	1,73
Jahr 2	68,6	68,4	67,9	71,4	71,4	1,14
Jahr 3	68,0	67,9	67,5	69,9	70,6	1,16
Wasserl. Kohlenhydrate in % d. TS						
Jahr 1	5,2	4,3	5,6	12,3	10,1	1,23
Jahr 2	10,8	10,8	11,2	13,6	14,3	1,47
Jahr 3	8,5	7,4	8,6	12,1	11,6	0,83
Z/Pk-Quotient $\geq 1,6$						
Jahr 1	1,2	1,0	1,3	2,8	2,3	0,31
Jahr 2	3,0	3,3	3,4	4,0	3,7	0,51
Jahr 3	2,2	2,0	2,2	2,6	2,5	0,32
Vergärbarkeits-Koeffizient $\geq 45,0$						
Jahr 1	39,6	38,0	40,5	51,5	49,0	2,29
Jahr 2	53,1	55,2	56,3	59,9	58,4	4,01
Jahr 3	47,8	46,3	47,4	50,6	49,6	2,98

Literatur

- Opitz v. Boberfeld, W. & K. Banzhaf, 2004: Zu den Winterweide-Eigenschaften festucoider und loloider Gattungsbastarde unter variierenden Bedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16: 231 - 232.
- Wacker, G., K. Netzbrand & H. Kaltfofen, 1984: Neue Futtergräser. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkde. 28: 429 - 433.
- Weissbach, F., 1967: Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. Tagungsber. Akad. Landw.-Wiss. DDR, Berlin 92: 211 - 220.

Gerüstsubstanzen und in vitro-Verdaulichkeit organischer Substanz von Ackerpferch-Zwischenfrüchten

Michaela Neff & Wilhelm Opitz von Boberfeld*

Einleitung

Um den Bedarf kostenträchtiger Konserven bei der ganzjährigen Außenhaltung von Mutterkühen zu reduzieren, bietet sich auf Ackerpferchen die Möglichkeit, die Frischfutterperiode durch den Anbau von Zwischenfrüchten oder die Nutzung von Ausfallgetreide zu verlängern. Die Verdaulichkeit organischer Substanz (= DOM) ist ein wichtiges Merkmal der Futterqualität. Unterschiede in der DOM bei den verschiedenen Zwischenfrüchten können mit dem Anteil oder der Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen, Glucosinolaten und bzw. oder mit pilzlichem Befall in Zusammenhang stehen.

Material und Methoden

Die Freilandversuche - gelegen 160m ü. NN, südlich von Gießen - wurden als Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt, wobei der Saattermin die Hauptteilstücke, der Erntetermin die Mittelteilstücke und der Faktor Frucht die Kleinteilstücke belegte. Bei der Darstellung der Ergebnisse wird sich hier auf die Arten Winterraps, Som-

Tab. 1: Variantentabelle

Faktoren	Stufen
1. Früchte	1.1 Einjähriges Weidelgras, 4n, spät (ANDY, JIVET – 50 kg ha ⁻¹) 1.2 Winterraps (AKELA, LIRATOP(00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.3 Sommerraps, Schnitttyp (PETRANOVA, LIFORUM(00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.4 Herbstrübe (AGRESSA, SILOGANOVA – 1,5 kg ha ⁻¹) 1.5 Hordeum vulgare (Ausfallgetreide-Simulation – 500 kg ha ⁻¹)
2. Erntetermin	2.1 Anfang November 2.2 Mitte Dezember 2.3 Ende Januar
3. Jahr	3.1 2001/2002 3.2 2002/2003

merraps Schnitttyp, Herbstrübe, Einjähriges Weidelgras und Ausfallgetreide, auf den Saattermin Ende Juli sowie auf das erste und zweite Untersuchungsjahr beschränkt. Die DOM wurde mit dem HFT über die Variablen Gasbildung und Rohprotein nach der Formel $DOM [\%] = 24,59 + 0,7984 Gb + 0,0496 XP$ geschätzt (Menke & Steingass 1987).

Ergosterol wurde nach Verseifung und Extraktion in Petrolether mit der HPLC am UV-Detektor bestimmt; die Analyse der Glucosinolaten erfolgte durch ein isocratisches HPLC-Verfahren am UV-Detektor (Echternacht 2004). Zur Charakterisierung der Gerüstsubstanzen wurden die Konzentrationen von Neutraler Detergentien-Faser (= NDF), Säure-Detergentien-Faser (= ADF) und Säure-Detergentien-Lignin (= ADL) bestimmt (Anonymus 1997).

* Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen

Ergebnisse und Diskussion

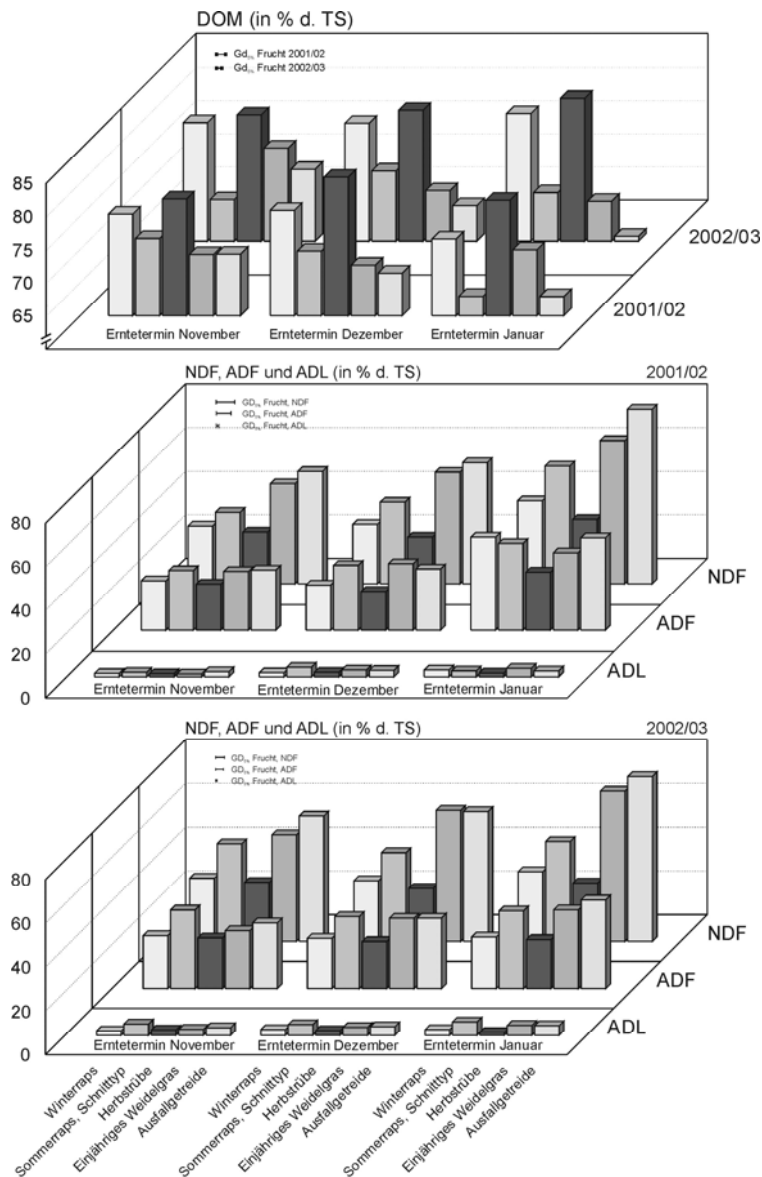


Abb. 1: Verdaulichkeit organischer Substanz, NDF-, ADF- und ADL-Konzentration in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin und Beobachtungsjahr

der Vegetationsperiode auf annähernd konstantem Niveau; nur im Winter 2001/02 kommt es, offenbar witterungsbedingt, zu einem Anstieg der Gerüstsubstanzen zum dritten Erntetermin, zu diesem Zeitpunkt ist kein intaktes grünes Pflanzenmaterial mehr vorhanden. Die Glucosinolate haben offenbar keinen direkten messbaren Einfluss auf die DOM der *Brassicaceen*.

Literatur

- Menke, K.-H. & H. Steingass, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II: Regressionsgleichungen. – Übers. Tierern. 15: 59-94.
- Echternacht, S., 2004: Zur Masse und Qualität von Ackerperch-Zwischenfrüchten in Abhängigkeit von Art bzw. Sortentyp, Saat- und Erntezeitpunkt. Diss. Gießen.
- Anonymus, 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung. Verl. VDLUFA, Darmstadt.

Abb. 1 zeigt die DOM sowie die NDF-, ADF- und ADL-Konzentrationen in Abhängigkeit von Frucht, Erntetermin und Untersuchungs-jahr. Wichtigste Varianzursache ist der Faktor Frucht, wobei die Herbstrübe – gefolgt vom Wintererbsen – stets am besten verdaulich ist. Unterschiede innerhalb der *Brassicaceen* sind hauptsächlich auf differierende Stängelanteile bzw. Konzentrationen an Gerüstsubstanzen zurückzuführen. Das Ausfallgetreide weist die geringste DOM auf, was neben dem hohen Anteil an Gerüstsubstanzen v.a. auf den starken Pilzbefall zurückgeführt werden kann. Die Interaktion Frucht x Erntetermin ist ebenfalls signifikant, da die DOM des Ausfallgetreides im Laufe des Winters deutlich abnimmt. Im Winter 2002/03 ist – offenbar aufgrund hoher Ergosterol-Konzentrationen – auch beim Einjährigen Weidelgras ein signifikanter Rückgang der DOM mit fortschreitendem Erntetermin festzustellen. Die DOM der *Brassicaceen* liegt während

In vitro Rohproteinabbaubarkeit von Futterleguminosen und Silomais

Martin Gierus, Antje Herrmann & Friedhelm Taube*

Einleitung

Im Rahmen einer effizienten N-Verwertung bei Milchvieh-Futterbaubetrieben ist neben der Proteinmenge auch die Proteinqualität für die Charakterisierung der Futterqualität und des Futterwertes von Bedeutung. Eine hohe Proteinqualität liegt bei einem Anteil von ca. 30% an im Pansen unabgebautem Rohprotein (UDP) vor. Der Anteil an UDP ist von der Geschwindigkeit des Abbaus und von der Passagerate abhängig. Ein rascher Proteinabbau führt in Abhängigkeit von der Menge an fermentierten Kohlenhydraten zu hohen N-Verlusten im Pansen. Für Futterleguminosen ist ein hoher Proteinabbau zu erwarten, der allerdings zwischen Leguminosenarten unterschiedlich sein kann. Zum Proteinabbau von Silomais liegen bislang nur sehr wenige Untersuchungen vor. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Proteinqualität von Weißklee, Rotklee, Kaukasischem Klee (*Trifolium ambiguum*), Luzerne, Hornschotenklee und Deutschem Weidelgras, sowie Silomais anhand der Abbaurate des Rohproteins zu charakterisieren.

Material und Methoden

Die Datenbasis der Leguminosenarten Weißklee, Rotklee, Kaukasischer Klee, Luzerne und Hornklee wurde in einem einjährigen Feldversuch im Jahr 2003 auf dem Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel erhoben, wo die Leguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras angebaut wurden, sowie Deutsches Weidelgras in Reinsaat. Die Proben wurden zur Siloreife im Primäraufwuchs auf 5 cm Schnitthöhe genommen, nach Klee, Gras und Kräuter getrennt, gefriergetrocknet und anschließend auf 1 mm gemahlen. Alle Leguminosenarten waren zur Erntezeit im vegetativen Entwicklungsstadium, die Gräser waren überwiegend im Stadium des Ährenschiebens. Die Datenbasis für Silomais wurde in den Jahren 2001 und 2002 in einem Feldversuch (Blockanlage, zwei Wiederholungen) auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose Silomais“ erhoben. Der Silomais wurde zum Zeitpunkt der Siloreife beerntet. Zur Siloreife wurden jeweils zehn Pflanzen geerntet, gehäckselt, bei 65 °C getrocknet und anschließend auf 1 mm vermahlen. Für die Bestimmung der Proteinabbaubarkeit wurde die in vitro Methode von Broderick (1987) benutzt. Veränderungen der Methode sind bei Gierus et al. (2005) beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Der N-Gehalt der untersuchten Futterpflanzenarten zeigte erwartungsgemäß eine große Differenzierung mit Werten zwischen 1,08% (Silomais ‚Fuego‘) und 3,86% (Weißklee). Der Gehalt an durch TCA ausfällbarem, d.h. intaktem Protein, zeigte ebenfalls eine große Variation mit Werten zwischen 70,1% für die Silomaisorte ‚Oldham‘ und 91,5% für Deutsches Weidelgras aus Gemenge mit Rotklee.

Anzumerken ist, dass die Proteinabbauraten aller Proben mit der mittleren Abbaurate des Albumins korrigiert wurden, um Abweichungen in der Pansensaftqualität auszugleichen. Die mittleren Abbauraten von Kasein und Albumin

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

lagen bei 40,5%/h und 6,4%/h, was recht gut mit den Ergebnissen von Gierus et al. (2005) übereinstimmt, die eine mittlere Abbaurrate für Kasein und Albumin von 41,5%/h und 6,4%/h feststellten.

Nach einer Inkubationszeit von 4 Stunden wurde eine mittlere Proteinabbaurrate der Futterpflanzen von 1,9 bis 13,4%/h ermittelt. Obwohl sich die Leguminosenarten durch einen im Vergleich zu Deutschem Weidelgras und Silomais deutlich höheren Proteingehalt auszeichneten, resultierte dies nicht zwangsläufig in einer gesteigerten Proteinabbaurrate. Im Gegenteil wies Deutsches Weidelgras in Reinsaat signifikant höhere Abbauraten als alle untersuchten Leguminosenarten auf, mit Ausnahme der Luzerne. Für Deutsches Weidelgras aus Rotkleeergrasgemenge konnten signifikante Unterschiede zu Weißklee und Hornklee abgesichert werden. Ebenfalls zeigte die Silomaisorte ‚Fuego‘ eine höhere Abbaurrate als Hornklee, während ‚Oldham‘ einen geringeren Proteinabbau als Luzerne aufwies.

Die Anteile an UDP wurden für angenommene Passageraten von 4 und 8%/h und den ermittelten Abbauraten berechnet. Sowohl für die UDP-4 als auch die UDP-8 Variante zeichnete sich Hornklee durch die signifikant höchsten UDP-Anteile aus. Die niedrigsten Werte wurden für Deutsch Weidelgras Reinsaat und Luzerne gefunden, die sich aufgrund der großen Streuung der Einzelwerte jedoch nur in einigen Mittelwertvergleichen statistisch absichern ließen.

Tab. 1: N-Gehalt und Abbaubarkeiten von Futterleguminosen, Begleitgras und Silomais.

	N, % TS	Intaktes Protein*, % inkub. N	Abbau, %/h	UDP-4, %	UDP-8, %
WK	3,86 ^a	81,6 ^b	4,2 ^{de}	41,5 ^b	54,5 ^b
RK	3,50 ^a	83,6 ^{ab}	5,7 ^{cde}	36,0 ^b	49,9 ^b
KU	3,56 ^a	81,4 ^{bc}	5,5 ^{cde}	34,5 ^{bc}	48,4 ^{bc}
LU	3,66 ^a	79,6 ^{bc}	11,6 ^{ab}	21,1 ^c	33,2 ^d
HO	3,72 ^a	86,2 ^{ab}	1,9 ^e	59,9 ^a	70,1 ^a
DW+	1,55 ^{bc}	87,0 ^{ab}	13,4 ^a	21,0 ^c	33,5 ^d
RK-G	1,91 ^b	91,5 ^a	9,0 ^{abc}	28,9 ^{bc}	43,6 ^{bcd}
Oldham	1,23 ^{cd}	70,1 ^d	5,6 ^{cde}	33,0 ^{bc}	43,3 ^{bcd}
Fuego	1,08 ^d	72,8 ^{cd}	7,4 ^{bcd}	28,7 ^{bc}	40,2 ^{cd}
SE	0,2	6,2	3,8	9,6	10,9

* entspricht Fraktion B der Nylonsäckchenmethode

[WK: Weißklee; RK: Rotklee; KU: Kaukasischer Klee; LU: Luzerne; HO: Hornklee; DW+: Deutsch Weidelgras Reinsaat; RK-G: Deutsch Weidelgras aus Rotkleeergrasgemenge; Silomaisorten ‚Oldham‘ und ‚Fuego‘; SE: Standardfehler]

Literatur

- Broderick, G.A., 1987. Determination of protein determination rates using a rumen in vitro system containing inhibitors of microbial nitrogen metabolism. Br. J. Nutr. 58, 463-475.
- Gierus, M., De Jonge, L. Meijer, G.A.L., 2005. Physico-chemical characteristics and degradation rate of soluble protein obtained from the washout fraction of feeds. Lives. Prod. Sci. (in press).

Veränderung der Proteinqualität von Futterleguminosen im Primäraufwuchs

Martin Gierus, Jana Kleen & Friedhelm Taube*

Einleitung

Der Weißklee stellt eine der bedeutendsten Futterleguminosen des Grünlandes dar. Allerdings ist seine Proteinqualität durch einen hohen Anteil an schnell im Pansen abbaubaren Proteinen gekennzeichnet, was zu Nachteilen in der N-Verwertungseffizienz bei Wiederkäuern führen kann. Hornklee und Rotklee hingegen können durch ihren Tanningehalt bzw. die Polyphenoloxidase-Aktivität zu einer gesteigerten N-Effizienz für die Weide- und/ oder Schnittnutzung beitragen. Die systematische Bestimmung der Proteinfractionen in Futterpflanzen im Verlauf der Vegetationsperiode ist eine Voraussetzung für die Ableitung von Futterproduktionsstrategien bzw. Weideverfahren mit höherer Proteinqualität und höherer Stickstoffnutzungseffizienz des hochleistenden Tieres. In der Wiederkäuerernährung stellt die Proteinfractionierung nach Licitra et al. (1996) eine weit verbreitete chemisch-analytische Methode zur Bewertung von Proteinqualität dar. Ziel der Untersuchung ist die Veränderungen der Rohproteinfractionen A, B und C der alternativen Futterleguminosen im Vergleich zum Weißklee im Primäraufwuchs zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Datenbasis der Leguminosenarten Weißklee (WK), Rotklee (RK), Kaukasischem Klee (KU), Luzerne (LU), Hornklee (HO) wurde in einem einjährigen Feldversuch im Jahr 2003 auf dem Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel erhoben, wo die Leguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras angebaut wurden. Die Proben wurden im Zuwachsverlauf auf 5 cm Schnitthöhe genommen, nach Klee, Gras und Kräuter getrennt, im Trockenschrank bei 60°C getrocknet und anschließend auf 1 mm mit einer Cyclotech-Mühle gemahlen. Beprobungen fanden an sieben Termine von April bis Juli 2003 statt. Für jeden der sieben Termine wurde, nach Trennung der erntbaren Biomasse in Klee, Gras und Kräuter, für die Leguminosen eine Proteinfractionierung durchgeführt. Die Bestimmung der Proteinfractionen A, B und C erfolgte nach Licitra et al. (1996). Fraktion A ist der nicht-Protein Stickstoff (NPN), Fraktion B das potentiell im Pansen abbaubare Protein, und Fraktion C stellt das unabbaubare Protein dar. Die Fraktion B wurde nach der Gleichung errechnet: $(B = \text{Gesamt-N} - A - C)$. Das Versuchsdesign war eine komplett randomisierte Blockanlage mit 3 Wiederholungen. Bei signifikanten F-Werten ($P < 0.05$) wurden die Mittelwerte anhand eines Student t-Tests gegen die Mittelwerte des Weißklee überprüft und nach Bonferroni-Holm Test korrigiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Verrechnung ergab für den Gesamt-N Gehalt, Fraktion A und B eine signifikante Wechselwirkung Art x Termin. Für Fraktion C sind nur die Haupteffekte signifikant. Innerhalb der Fraktion A waren geringe Werte für Rotklee und Hornklee ermittelt worden, die sich ab Termin 3 für Hornklee und ab Termin 4 für Rotklee signifikant vom Weißklee unterscheiden. Bei Rotklee und Hornklee wurde auch ein signifikant höherer Gehalt an N in der Fraktion C ermittelt. Bei allen Arten

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

war der Anteil an Fraktion A zu Beginn der Vegetationsperiode gering und im Zuwachsverlauf war eine deutliche Zunahme festzustellen. Bei Rotklee und Hornklee war allerdings die Zunahme weniger ausgeprägt als bei den anderen Arten. Die Veränderungen in der Fraktion B waren im Zuwachsverlauf ähnlich wie der Gesamt-N Gehalt und die Fraktion B nahm auch den größten Anteil am Rohprotein ein.

Tab. 1: N-Gehalt und Anteile an Fraktion A, B und C

Datum	25/4	12/5	22/5	3/6	12/6	23/6	1/7
N-Total, g/kg DM							
WK	45,3	44,6	37,8	34,5	29,5	28,8	26,9
RK	44,8	41,1	33,6*	26,2*	20,8*	21,2	17,3*
KU	42,6	40,1	39,1	28,6*	24,6*	25,5	22,0*
LU	38,7	36,0*	36,8	27,2*	26,3	27,4	24,5
HO	NA	37,8*	38,2	30,1*	25,5	27,3	25,6
SE	-	0,16	0,10	0,13	0,13	0,30	0,11
Fraktion A, % Total-N							
WK	8,8	14,4	22,2	28,5	22,1	28,0	27,4
RK	7,2	16,2	19,5	18,4*	16,6*	18,3*	20,9*
KU	6,7	13,4	16,7	30,1	20,5	27,8	29,4
LU	13,7	18,8	21,9	27,7	20,4	25,9	23,3
HO	NA	11,2	12,2*	16,7*	16,0*	18,0*	18,4*
SE	-	1,44	2,17	1,55	1,47	1,48	1,55
Fraktion B, % Total-N							
WK	86,8	80,6	76,9	67,7	81,1	62,9	66,4
RK	87,5	75,8*	72,8*	72,6	76,7	67,4	65,4
KU	87,4	81,4	78,5	67,2	79,9	61,3	61,7
LU	86,7	83,5	78,1	68,0	79,9	61,6	58,6*
HO	NA	75,4*	73,8*	65,9	73,2*	62,2	59,4*
SE	-	0,99	0,60	2,50	1,94	2,35	1,46
Fraktion C, %Total-N							
WK	3,0	4,3	5,6	6,1	3,9	7,1	9,1
RK	5,6	6,6	7,9	9,6	5,6	9,9	16,3
KU	3,4	4,8	3,2	5,7	3,5	7,3	9,3
LU	2,0	3,8	6,2	5,8	4,8	7,9	7,9
HO	NA	8,1	9,0	10,8	10,3	13,3	13,9
SE	-	0,87	1,52	1,11	1,13	1,72	1,13

* signifikant ($P < 0,05$) unterschiedlich vom Weißklee;
NA: nicht analysiert

Rotklee und Hornklee wiesen im Verlauf des Primäraufwuchses einen geringeren Anteil der Fraktion A und einen höheren Anteil der Fraktion C im Vergleich zu Weißklee auf. Durch die Polyphenoloxidase-Aktivität bei Rotklee und den kondensierten Tanningehalt bei Hornklee, ist ein positiver Einfluss auf die N-Verwertungseffizienz von Wiederkäuern zu erwarten.

Literatur

Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Tech. 57: 347-358

Öko-Effizienz in der Pflanzenproduktion – das Beispiel Zuckerrübe

Julia Fuchs & Nicol Stockfisch*

Einleitung

Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung in der Pflanzenproduktion ist der effiziente Umgang mit natürlichen Ressourcen bei gleichzeitiger Minimierung von negativen Umweltwirkungen. Im Zentrum stehen dabei der Schutz von Boden, Wasser und Luft sowie der Erhalt der Biodiversität. Das im Folgenden kurz vorgestellte Öko-Effizienz-Konzept soll den genannten Schutzziele Rechnung tragen.

Das World Business Council for Sustainable Development (1992) definiert: „*Eco-efficiency is reached by the delivery of competitively priced goods and services [...], while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level at least in line with the earth's carrying capacity.*“ Öko-Effizienz beschreibt das Verhältnis von ökologischer zu ökonomischer Effizienz (Abb. 1) für ein Produktionsverfahren und zielt auf eine zunehmende Produktion nützlicher Güter bei abnehmendem Verbrauch von Ressourcen ab. Für den Zuckerrübenanbau bedeutet das Produktionsziel Öko-Effizienz einen geringeren Einsatz an ökonomischen und ökologischen Ressourcen je Einheit erzeugtem Zucker. Das Konzept kann so dazu beitragen, eine nachhaltige Entwicklung im Zuckerrübenanbau zu verwirklichen.

Material und Methoden

Das angestrebte Ziel ist zum einen durch die Reduzierung der Umweltwirkungen und der Produktionskosten erreichbar, d.h. durch einen geringeren Einsatz an ökonomischen (Betriebsmittel wie Dünger, Pflanzenschutzmittel und Maschinen) und ökologischen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft, Biodiversität), bei konstantem Zuckerertrag. Zum anderen besteht die Möglichkeit, durch eine Erhöhung der Flächenproduktivität, also einen höheren Zuckerertrag pro ha bei konstantem Ressourceneinsatz, die Öko-Effizienz zu steigern.

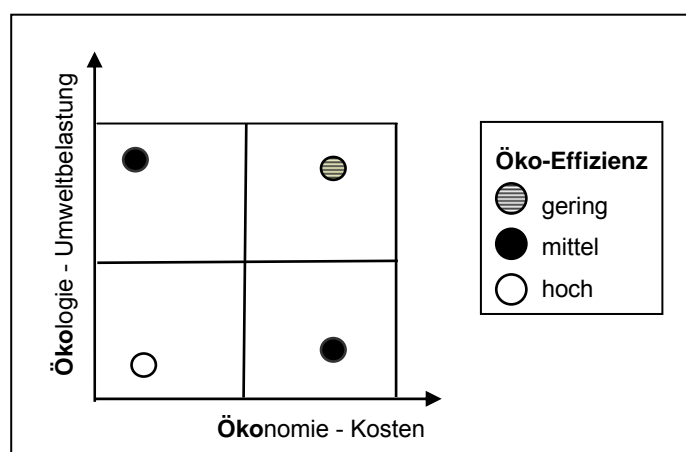


Abb. 1: Öko-Effizienz vereinigt ökologische und ökonomische Aspekte

Nur durch eine an den Standort angepasste optimierte Nutzung aller Produktionsmittel kann die Öko-Effizienz in Zuckerrüben erhöht werden. Somit sind alle Prozesse von der Aussaat bis zur Ernte auf Optimierungsmöglichkeiten zu analysieren.

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

Um Öko-Effizienz messbar zu machen, kann ein System praktikabler Öko-Effizienzkriterien herangezogen werden, das die Umweltwirkungen aller Produktionsprozesse erfasst. Eine kontinuierliche Erhebung ermöglicht dann Veränderungen über die Zeit abzubilden. Unter einem Öko-Effizienzkriterium ist der Quotient aus prozessspezifischer Umweltwirkung und produziertem Bereinigtem Zuckerertrag (BZE) zu verstehen. Das Leistungskriterium BZE kennzeichnet Ertrag und Qualität bei Zuckerrüben und ist im Gegensatz zur Marktleistung keinen Preisänderungen unterworfen.

Ergebnisse und Diskussion

Um das Produktionsziel umzusetzen, werden zunächst umweltbezogene Leistungskriterien, so genannte Öko-Effizienzkriterien, für die einzelnen Prozessschritte des Zuckerrübenanbaus (Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz etc.) vorgeschlagen (Tab. 1). Beispielsweise kann die Intensität der Bodenbearbeitung, zusammengesetzt aus Bearbeitungstiefe, -häufigkeit und Maschinenausstattung, durch den Energieaufwand der Bearbeitung approximativ beschrieben werden.

Tab. 1: Öko-Effizienzkriterien für den Zuckerrübenanbau in Deutschland

Prozess	Ziel	Öko-Effizienzkriterium
Bodenbearbeitung	Erhöhung der Mulchsaatfläche	<u>Energieaufwand Bodenbearbeitung [GJ]</u> BZE [t]
Düngung	Verminderung der N-Düngung	<u>N-Düngung [kg]</u> BZE [t]
Pflanzenschutz	Reduzierung chemischer Pflanzenschutz	<u>Behandlungsindex</u> BZE [t] <u>Risikoindex (nach SYNOPS)</u> BZE [t]
Ernte	Bodenschutz, Verminderung des Erdanhangs	<u>max. Radlast (aller Überfahrten) [t]</u> BZE [t] <u>Erdanhang [t]</u> BZE[t]

Die Öko-Effizienzkriterien werden im nächsten Schritt mittels Daten aus einem Netz von Pilotbetrieben auf ihre Validität, Reliabilität und Eignung überprüft. Anschließend werden Zielwerte festgelegt, die für den gesamten deutschen Zuckerrübenanbau Gültigkeit besitzen.

Die Öko-Effizienzkriterien könnten regelmäßig erfasst werden und Auskunft über den Zielerreichungsgrad hinsichtlich des Produktionsziels Öko-Effizienz im Zuckerrübenanbau geben. Damit Maßnahmen, die die Öko-Effizienz erhöhen, schnell in der landwirtschaftlichen Praxis umgesetzt werden, sind die vorhandenen Organisationsstrukturen der Zuckerwirtschaft gefordert.

Literatur

World Business Council for Sustainable Development (1992): Eco-efficiency – creating more value with less impact. Internet: <http://www.oekoeffizienz.de/deutsch/content/oekoeffizienz/definition.html>; Stand: 06.01.2005

Das Projekt wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Crops and climate change: Influences of changed growth conditions on water relations and yield of different cultural crops

R. Linke¹, E. Pfundtner², H.R. Bolhàr-Nordenkamp¹, G. Dersch² & M. Meister¹

Introduction

Atmospheric CO₂ enrichment generally enhances photosynthetic and growth rates causing an increase in standing biomass and/or an advanced ontogenetic development, as frequently observed with higher temperatures. This substantial shortening of the growth period provides less time for carbon fixation and reduces biomass accumulation, especially of annual species with determinated growth (MORISON AND LAWLOR, 1999). Thus, a combined increase of CO₂ concentration and temperature does not necessarily translate into improved biomass production and higher yield and the limitations by other factors like water relations and the uptake of mineral nutrients become more prominent (AMTHOR, 2001).

Material and Methods

Plants (*Triticum durum* L. cv. Helidur and *Vicia faba* L. cv. Gloria) were grown in Kick-Brauckmann pots in two growth chambers supplied with 367 µmol.mol⁻¹ CO₂ (climatic scenario 2002, CS2002) and 700 µmol.mol⁻¹ CO₂ +3°C (climatic scenario 2100, CS2100). Detailed growth conditions see table 1.

Tab. 1.: Summary of growing conditions.

		Spring	Early summer	Summer
Temperature	Scenario 2002	07-14°C/ 06-12°C	13-23°C/ 12-20°C	17-28°C/ 14-20°C
	Scenario 2100	10-17°C/ 09-15°C	16-26°C/ 15-23°C	20-31°C/ 17-23°C
Rel. humidity		60-80%/ 75-90%	50-90%/ 60-90%	40-85% / 50-90%
Day length		13,5 h	15,5 h	17 h
Water supply	<i>Triticum durum</i> ; <i>Vicia faba</i>	drought stress (W1)	45% field capacity	
		optimal water supply (W3)	75% field capacity	
N-Supply	<i>Triticum durum</i>	2,25g N / pot; equivalent to 315 kg N / ha		
	<i>Vicia faba</i>	0,3g N / pot equivalent to 42kg / ha		
		Inoculation with <i>Rhizobium sp.</i>		
Culture Substrate	Mixture of two parts agricultural soil (6,33kg; A-Horizon) and one part quartz sand (3,17kg)			

Results and Discussion

Total water consumption (see table 2.) of *T. durum* and *V. faba* plants grown in CS2100 was lowered compared to plants grown in CS2002. The enormous differences in the water consumption of wheat plants in summer can be ascribed to faster ontogenetic development in CS2100 resulting in a vegetation period shortened by finally 18d. The amount of water consumed varied greatly between seasons. Water use efficiency (WUE) of plants (*T. durum* and *V. faba*) cultivated in CS2100 was higher than that of plants grown in CS2002 showing that less water was needed to produce a comparable amount of dry matter. Drought stress also positively affected WUE (see table 3.).

¹ Department of Ecophysiology and Functional Anatomy of Plants, Faculty of Life Sciences, University Vienna

² Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES), Vienna

Tab. 2: Detailed summary of water consumption (l/pot) of *T. durum* and *V. faba*

	Scenario	<i>T. durum</i>		<i>V. faba</i>	
		W1	W3	W1	W3
Spring	CS 2002	3,9	5,7	0,6	1,8
	CS 2100	4,6	8,3	0,6	2,2
Early Summer	CS 2002	8,4	16,4	3,9	8,0
	CS 2100	8,3	16,4	5,8	10,8
Summer	CS 2002	9,2	20,0	15,0	28,0
	CS 2100	3,2	7,2	10,8	24,2
Total Water Consumption	CS 2002	21,6	42,0	19,5	37,5
	CS 2100	16,2	32,0	17,2	37,1

The observed decrease of midday osmotic values (more negative) of leaves from plants cultivated in CS2100 can be explained by higher assimilate supply since many of the solutes contributing to osmotic adjustment are the products of photosynthesis. Therefore growth under changed climatic conditions could possibly ameliorate negative effects of drought on plant growth and biomass accumulation which could become especially important in drier environments.

Tab. 3: Yield and protein content of *T. durum* (30 plants per pot) and *V. faba* (6 plants per pot) cultivated in different climate regimes.

	<i>Triticum durum</i> L.				<i>Vicia faba</i> L.			
	CS 2002		CS 2100		CS 2002		CS 2100	
	W1	W3	W1	W3	W1	W3	W1	W3
grain yield [g DM / pot]	39,4	55,5	35,8	49,9	21,7	43,9	23,7	39,1
1000 kernel weight [g]	46,9	44,2	40,5	38,2	468,5	420,1	392,6	405,1
grain protein content [%]	17,9	15,3	18,7	14,7	31,3	27,9	31,7	27,9
WUE [g DM. l ⁻¹]	1,82	1,42	2,21	1,85	2,24	2,25	2,71	2,42

Drought stress reduced dry matter grain yield of *T. durum* and *V. faba* in both climatic scenarios. Growth of *T. durum* plants under conditions of elevated CO₂ concentration and temperature (+3°C) which led to an accelerated ontogenetic development and a shortening of the vegetation period by 18 (*T. durum*) and 10 days (*V. faba*), caused a decrease in grain yield of *T. durum* independently of water supply. However, in *V. faba* a reduction of grain yield was only observed under well watered conditions.

Growth under conditions of elevated CO₂ concentration and temperature of CS2100 lowered 1000 kernel weight of *T. durum* and *V. faba*, which is mainly attributable to a shortening of grain filling duration due to the faster ontogenetic development. The watering regime had no detectable influence on 1000 kernel weight. In both climatic scenarios grain protein content of *T. durum* and *V. faba* was lower under well watered conditions due to the higher grain yield.

Literature

- Amthor J.S. (2001). "Effects of atmospheric CO₂ concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO₂ concentration." *Field Crops Research* 73(1): 1-34
- Morison J. I. L. and Lawlor D.W. (1999). "Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth." *Plant, Cell and Environment* 22: 659-682

Die Düngewirkung häuslicher Teilströme

Andreas Sasse & Frank Ellmer*

Einleitung

Die Rezyklierung von Pflanzennährstoffen aus kommunalen Abwässern im Sinne geschlossener Stoffkreisläufe gilt als Voraussetzung für eine nachhaltige Landwirtschaft. In Deutschland ist die Ausbringung von Klärschlämmen mit Risiken verbunden und teilweise verboten. Jährlich werden deshalb 350000 t Ammonium-N, 135000 t Kalium und 40000 t Phosphor aus Urin nicht wieder auf landwirtschaftliche Flächen zurückgeführt. Trenntoiletten können hier eine Alternative bieten, da sie eine Vermischung des nährstoffhaltigen Urins mit Schadstoffen verhindern. Im Klärwerk Stahnsdorf bei Berlin sind zwei Betriebsgebäude und zusätzlich zehn private Haushalte mit der alternativen Sanitärtechnik umgerüstet worden. Die anfallenden Fäkalien werden kompostiert und der Urin wird in Tanks gesammelt, um auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht zu werden. Im vorgestellten Forschungsprojekt, gefördert vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin, wird die Düngewirkung dieser häuslichen sanitären Teilströme untersucht. Dazu werden Gefäßversuche und mehrjährige Feldversuche unter Brandenburger Standortbedingungen durchgeführt.

Für die Bewertung des Einsatzes von Urin auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist der Einfluss auf die bodenbiologische Aktivität ein wesentliches Kriterium. Vorbereitend zu Felduntersuchungen wurden im Labor standardisierte Vermeidungstests (Stephenson et. al. 1998) mit Regenwürmern durchgeführt.

Material und Methoden

Eigenschaften des Urins:

Separiert in Urinalen und Schwerkraft- sowie Vakuum-Trenntoiletten.

Mittlere Inhaltsstoffe: 3700 mg l⁻¹ Gesamtstickstoff (davon 95 % Ammonium)
 2000 mg l⁻¹ Gesamtkalium
 430 mg l⁻¹ Gesamtphosphor

pH Wert: 8,8

Düngeversuche:

- Gefäßversuch mit Silomais in Mitscherlichgefäßen mit den Varianten Kontrolle, 1 g, 2 g, und 3 g Gesamtstickstoff pro Gefäß jeweils aus Urin sowie vergleichend aus Kalkammonsalpeter
- Die Phosphor- und Kaliumdüngung in den mineralischen Varianten wurde den Gehalten des Urins angeglichen

Regenwurmversuche:

- Vermeidungstest unter Verwendung einer vierfach geteilten Kammer, die den Würmern (*Eisenia fetida*) eine Auswahl aus den Versuchssubstraten ermöglicht
- Substratvarianten: Kontrolle, Applikation des Urins 24 h vor dem Einsetzen der Würmer, Applikation 14 Tage vor dem Einsetzen, Applikation 28 Tage vor dem Einsetzen der Würmer

* Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; e-mail: andreas.sasse@agrار.hu-berlin.de

Ergebnisse und Diskussion

1) Düngewirkung im Gefäßversuch bei Silomais

Im Gefäßversuch mit Silomais auf schwach schluffigem Sand lagen die Erträge in den mit Mineral-N gedüngten Varianten um ca. 15 % über den mit Urin versorgten (Abb. 1) Im Kolbenertrag war der Unterschied größer als im Stängelерtrag.

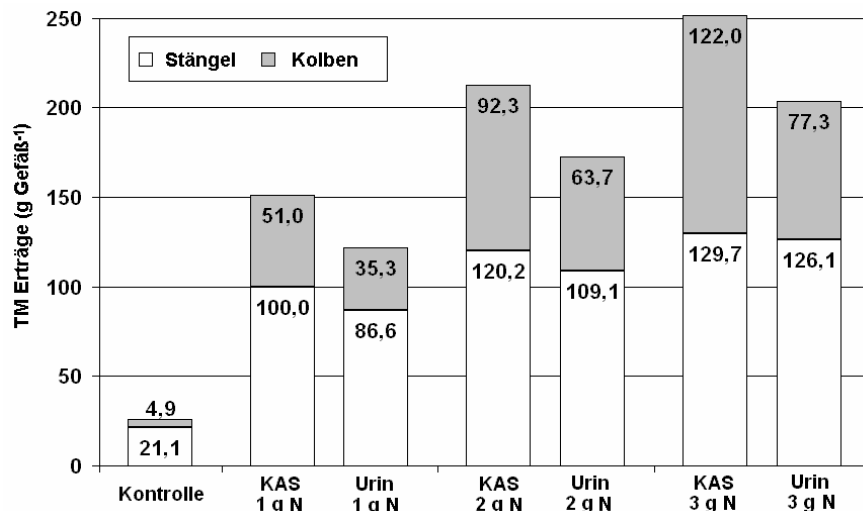


Abb. 1: Trockenmasseerträge von Silomais nach Applikation von Kalkammonsalpeter und Urin

2) Regenwurm-Vermeidungstest

Regenwürmer zeigen eine deutliche Vermeidung des Bodensubstrates mit frisch eingemischtem Urin. Bei der Beurteilung kontaminierter Böden wird ein Boden als toxisch eingestuft, wenn er eine Differenz von 80 % zur Kontrolle aufweist (Hund-Rinke et al. 2002). Diese Wirkung hat das frisch eingebrachte Gelbwasser auf die Regenwürmer gezeigt (Tab. 1).

Tab. 1: Einzelwerte der Regenwurmdichten in den Versuchssubstraten nach 48 h

Wiederholung	Kontrolle	Applikation vor 1 Tag	Applikation vor 14 Tagen	Applikation vor 28 Tagen
1	9	0	0	11
2	8	0	3	9
3	5	0	11	4
4	13	0	4	3

Bereits nach zwei Wochen lässt dieser Effekt deutlich nach und vier Wochen nach der Applikation wird das Substrat kaum noch gemieden. Bei den Ergebnissen liegt die Vermutung nahe, dass Regenwürmer vom Ammoniak negativ beeinflusst werden, welches vergleichsweise schnell umgesetzt wird.

Literatur

Stephenson, G.L.; Kaushik, A.; Kaushik, N.K.; Solomon, K.R.; Steele, T. & Scroggins, R.P.(1998): Use of an avoidance-response test to assess the toxicity of contaminated soils to earthworms. In.: Sheppard, S.C., Brembridge, J.D., Holmstrup, M. & L. Posthuma (Eds.) Advances in Earthworm Ecotoxicology. Setac Press, 67-81.

Hund-Rinke, K.; Achazi, R.; Römbke, J. & Warnecke, D. (2002): Avoidance Test with *Eisenia fetida* as Indicator for the Habitat function of Soils: Results of a Laboratory Comparison Test. J. Soils & Sediments 3 (1), 7-10.

Auswirkungen des Energiepflanzenbaus auf C-Gehalt und physikalische Bodeneigenschaften

A.-K. Schmitt¹⁾, S. Ulrich¹⁾, S. Tischer²⁾, H. Tanneberg²⁾, B. Hofmann¹⁾, O. Christen¹⁾, G.-W. Rathke¹⁾ & W. Diepenbrock¹⁾

Einleitung

Zum Anbau von Energiepflanzen liegen für die Bedingungen Mitteldeutschlands umfangreiche Untersuchungen von Röhrich et al. (2002) vor. Veränderungen von Bodeneigenschaften wurden dagegen nur vereinzelt dargestellt, so beispielsweise von Kahle und Boelcke (2004) bei der Energieholzproduktion in Norddeutschland. Mit vorliegender Arbeit sollen die Auswirkungen von nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere den schnellwachsenden Baumarten Weide (*Salix viminalis*) und Pappel (*Populus nigra*) sowie von *Miscanthus* auf den Kohlenstoffgehalt und fruchtbarkeitsbestimmende physikalische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde im mitteldeutschen Trockengebiet mitgeteilt werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Energiepark der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität durchgeführt, der im Jahr 2000 angelegt wurde. Bodentypologisch handelt es sich hierbei um einen Kalktschernosem (WRB-Klassifikation Calcic Chernosem, stark toniger Schluff – Ut4, mittlerer Jahresniederschlag 484 mm und langjährige Jahresmitteltemperatur 8.7 °C im Zeitraum 1896 –1995).

Der Versuch besteht aus den Varianten: Ackernutzung (Fruchtfolge W-Raps – W-Gerste – Triticale), Grünland (Weidelgrasgemisch), *Miscanthus* (1 Pfl./ m²), Gehölze Weide und Pappel (jeweils 1 Pfl./m²). Die Probenahmen erfolgten auf Flächen mit N-Düngung (133 kg N/ ha a auf Acker, 100 kg N/ha a incl. N_{min} bei übrigen Varianten ohne Grünland). Die bodenphysikalischen Untersuchungen (u.a. Trockenrohddichte, Wasserretention, gesättigte Wasserleitfähigkeit nach DIN ISO 11272, 11274 und DIN 19683-9) wurden an im Mai 2004 entnommenen 250 cm³-Stechzylindern durchgeführt. Zum gleichen Termin wurde auch die Probenahme zur Ermittlung der C_{org}- und C_{hwf}-Gehalte nach DIN ISO 10694 bzw. VDLUFA-Vorschriften vorgenommen. Sie erfolgte in 0.5- bzw. 1 dm-Abständen bis in 4 dm Bodentiefe.

Ergebnisse und Diskussion

Bereits nach relativ kurzer Versuchsdauer kommt es zu Differenzierungen im C_{org}-Gehalt. Auffallend sind die hohen Werte bei Grünland in 0-10 cm und bei der schnellwachsenden Baumart Weide mit 2.41 M.-% in 0-5 cm Bodentiefe (Tab. 1). Bedingt durch die Bodenwendung trat nach Ackernutzung eine insgesamt homogene Verteilung der organischen Bodensubstanz im Bearbeitungshorizont auf. Auch beim Grünland zeichnen sich nur geringe tiefenabhängige Differenzierungen ab. Dagegen sind bei *Miscanthus* und den Baumarten Weide und Pappel mit zunehmender Bodentiefe, besonders aber ab 20 cm, bereits deutliche Gradienten nachweisbar.

Der heißwasserlösliche Kohlenstoff (hier nicht dargestellt) bringt tendenziell gleichlautende Befunde wie der C_{org}-Gehalt. Beide Parameter sind durch eine positive

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

¹⁾ Institut für Acker- und Pflanzenbau

²⁾ Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung

lineare Korrelation gekennzeichnet. Enge positive korrelative Beziehungen ergeben sich in diesem Versuch auch zwischen C_{org} -Gehalt und den bodenmikrobiologischen Aktivitäten (mikrobielle Biomasse sowie den Enzymaktivitäten Katalase, Arginin-Ammonifikation und β -Glucosidase). Detaillierte Ergebnisse werden hierzu von Tischer et al. (2005) vorgestellt.

Tab. 1: C_{org} -Gehalte [M.-%]

Nutzungsart	Bodentiefe[cm]				
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40
Acker (W-Raps)	2.07	2.06	2.06	2.03	1.77
Grünland	2.38	2.33	2.02	1.92	1.57
<i>Miscanthus</i>	2.15	1.91	1,95	1.69	0.84
Weide	2.41	2.05	1.96	1.77	0.94
Pappel	2.07	1.89	1,89	1.50	0.96

Auch die bodenphysikalischen Untersuchungen ließen erste nutzungsbedingte Differenzierungen erkennen (Tab. 2). Im Vergleich zur Ackernutzung (W-Raps) weisen sowohl Grünland als auch *Miscanthus* und die Baumarten in 0-20 cm deutlich höhere TRD-Werte auf. In Unterkrume und Krumbasis unterscheiden sich die Rohdichten mit Ausnahme bei der Pappel in 24-30 cm (vorbelasteter Pflugsohlenbereich) nicht wesentlich.

Tab. 2: Bodenphysikalische Kennwerte in verschiedenen Bodentiefen [cm]

Nutzungsart	Trockenrohichte [g/cm^3]			Ges. Wasserleitfähigk.* [cm/d]		
	0-20	24-30	32-30	0-20	24-30	32-38
Acker (W-Raps)	1.24	1.35	1.35	90	76	12
Grünland	1.38	1.37	1.30	28	14	22
<i>Miscanthus</i>	1.37	1.40	1.37	24	6	14
Weide	1.42	1.38	1.32	3	10	22
Pappel	1.38	1.52	1.40	30	2	13

*kf-Wert (geometrische Mittelwertbildung)

Genannte Tendenzen zeichnen sich auch bei der Luftkapazität und dem Grobporenvolumen ab, die hier nicht dargestellt sind. Auffallend sind auch die geringen gesättigten Wasserleitfähigkeiten in der oberen Krume bei der Korbweidenfläche (Tab. 2), die auf technologische Belastungen unter feuchten Bodenbedingungen während der Ernte im Februar zurückzuführen sein dürften.

Weitere systematische Untersuchungen sollen künftig Auskunft über die nutzungsbedingten Langzeitveränderungen geben.

Literatur

- Kahle, P. und B. Boelcke 2004: Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. Bornimer Agrartechnische Berichte 35: 99-108.
- Röhricht, C., S. Kiewewalter und a. Groß-Ophoff 2002: Acker- und pflanzenbauliche Untersuchungen zum Anbau ein- und mehrjähriger Energiepflanzen im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe Sächs. Landesanst. für Landwirtschaft 7, H. 4: 1-93.
- Tischer, S., A.-K. Schmitt, B. Hofmann, H. Tanneberg und O. Christen 2005: Auswirkungen des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen auf bodenbiologische Aktivitäten auf einer Löß-Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet. VDLUFA-Schriftenr., Kongressband Bonn (im Druck).

Einfluss langjähriger organischer Düngung auf physikalische und mechanische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde

S. Ulrich*, J. Rücknagel**, B. Hofmann* & O. Christen*

Einleitung

Die ökologisch relevanten Eigenschaften eines Bodens können durch Düngungsmaßnahmen in ganz unterschiedlicher Weise und Intensität beeinflusst werden. Eine wesentliche Rolle dabei spielt die Kontinuität und die Art der Düngung. Im folgenden Beitrag soll deshalb die Wirkung langjähriger organischer Düngung auf ausgewählte physikalische und mechanische Bodeneigenschaften quantifiziert werden.

Material und Methoden

Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch Bad Lauchstädt (langjähriges Niederschlagsmittel 484 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 8,8 °C) wurde 1978 auf einem Kalktschernosem (U_t4, 21 % Ton, 68 % Schluff) am Rande der Querfurter Platte angelegt. Dem Versuch liegt eine 4-feldrige Fruchtfolge (Zuckerrüben-Sommergerste-Kartoffeln-Winterweizen) mit unterschiedlichen Stufen der organischen und mineralischen Düngung zu Grunde (Körshens und Pfefferkorn, 1998). In den Eckvarianten „Ohne organische Düngung“ und „40 t Stallmist/ha alle 2 Jahre“ wurden unter Winterweizen der Einfluss der organischen Düngung auf bodenphysikalische (Trockenrohdichte, Aggregatdichte, Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität, Luftleitfähigkeit) und mechanische Eigenschaften (Druck-Setzungsverhalten, Vorbelastung) untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den beiden Eckvarianten beträgt die Differenz im Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff 0,26 M.-%. Dieser Unterschied wirkt sich auf die physikalischen und mechanischen Bodeneigenschaften nachweisbar aus. In der Variante mit Stallmistgaben von 40 t/ha im zweijährigen Turnus sind Trockenrohdichte und Aggregatdichte um 0,05 g/cm³ geringer als bei Verzicht auf die organische Düngung. Um etwa diesen Betrag ist die Druck – Trockenrohdichtefunktion (Abb. 1) der organisch gedüngten Variante parallel verschoben. Die Vorbelastung der beiden Düngungsstufen unterscheidet sich aber nicht voneinander. Sie ist aufgrund der jährlich durchgeführten krumentiefen Bearbeitung mit dem Pflug nur sehr gering.

Weiterhin konnten Effekte auf Kapazitäts- und Leitfähigkeitseigenschaften des Standortes festgestellt werden. Die im 2-jährigen Turnus durchgeführte organische Düngung führte zu einer Erhöhung der Luftkapazität und der nutzbaren Feldkapazität. Der Unterschied im Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser beträgt dabei im Bereich der Ackerkrume ca. 6 Vol.-%.

Werden Luftkapazität und Trockenrohdichte in Beziehung gesetzt, dann verläuft die Regressionsgerade bei der Variante mit Stallmistgaben von 40 t/ha alle 2 Jahre deutlich flacher als „Ohne organische Düngung“ (Abb. 2). Bei gleicher Trockenrohdichte liegen niedrigere Luftkapazitäten vor, weil die Wassergehalte bei einer Saugspannung von -6 kPa in der organisch gedüngten Variante höher sind.

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle (Saale)

** Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rüdesheimer Str. 66-68, 55545 Bad Kreuznach

Die Kontinuität des Grobporensystems, ermittelt anhand der pneumatischen Leitfähigkeit bei pF 2,5, stieg in der Variante mit organischer Düngung an.

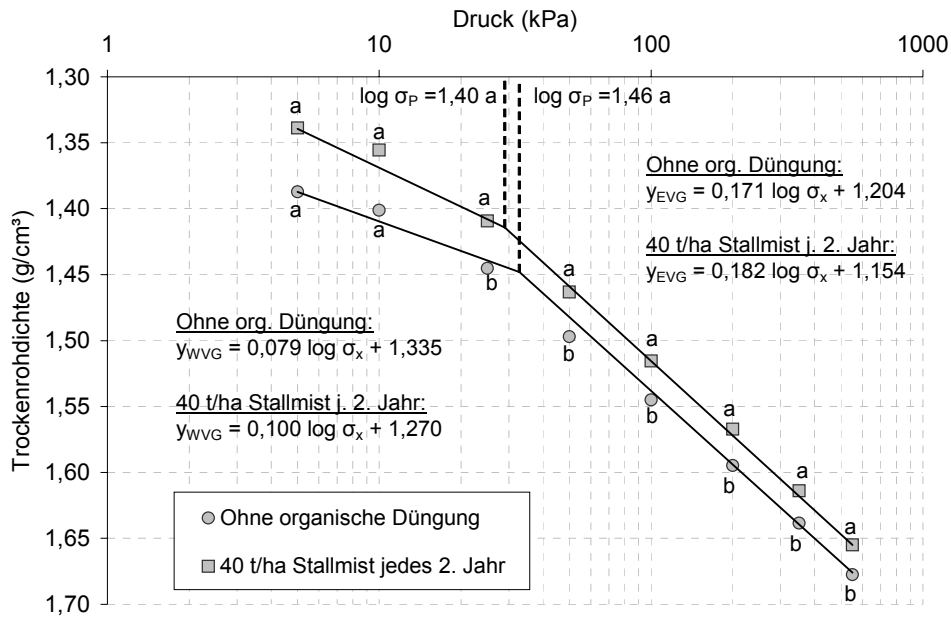


Abb. 1: Druck – Trockenrohddichtefunktion bei unterschiedlicher organischer Düngung in 15-18 cm Tiefe (Wasserspannung -6 kPa)

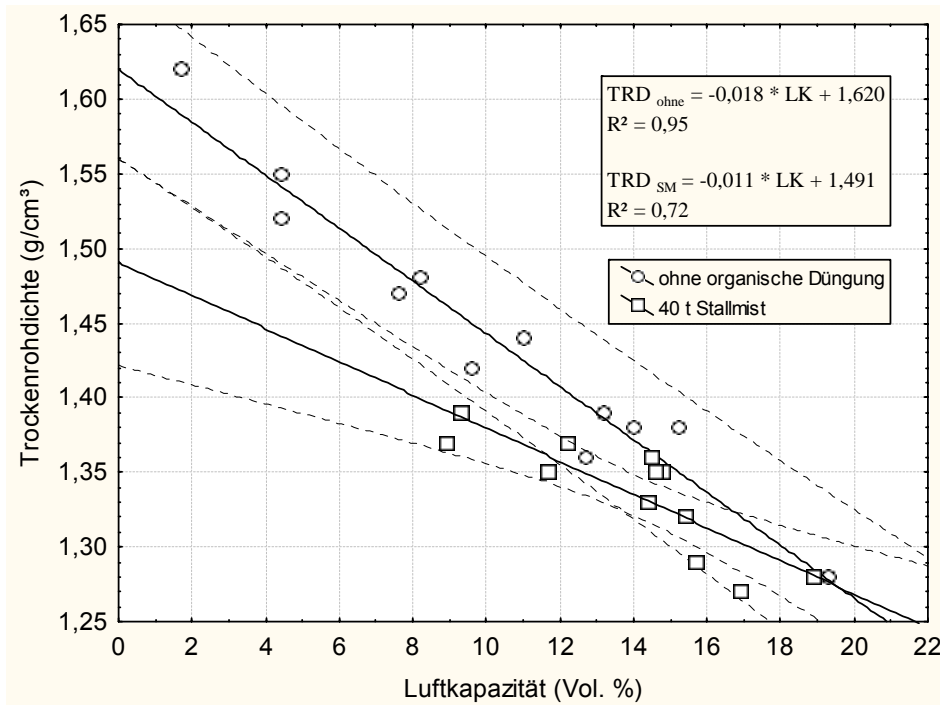


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Trockenrohddichte und Luftkapazität bei unterschiedlicher organischer Düngung (Tiefe 15-21 cm)

Literatur

Körschens, M. u. A. Pfefferkorn (1998): Der Statische Düngungsversuch und andere Feldversuche. Halle-Leipzig, UFZ: 32-41.

Wirkung langjähriger Stroh- und N-Düngung auf Boden und Pflanzen

Lothar Schmidt*

Einleitung

Die Humusreproduktion ist eine der bedeutendsten Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Humus- und N-Bilanz spielen als Umweltindikatoren im Rahmen von „Cross Compliance“ eine wichtige Rolle. Das Stroh ist in zunehmendem Maße, insbesondere in den Marktfrochtbetrieben, der hauptsächliche Dünger zur Reproduktion der organischen Bodensubstanz. Die Wirkung einer langjährigen Strohdüngung auf Boden und Pflanzenertrag wird an Ergebnissen des Versuches Feld F2a, der 1949 von *Karl Schmalfuß* auf dem Julius-Kühn-Feld in Halle/S. angelegt wurde, dargestellt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich am östlichen Rand der Magdeburger Börde, noch im Regenschatten des Harzes 113 m über NN gelegen. Im langjährigen Mittel fallen 494 mm Regen, die Lufttemperatur beträgt 9,2°C und die Sonne scheint 1648 h. Der Boden ist eine lessivierte Schwarzerde auf Sandlöss (Haplic Phaeozem). Die Sandlössauflage über Geschiebemergel ist auf Feld F2a 80-120 cm mächtig, enthält 55 % Sand, 12 % Ton (SL), besitzt einen pH 5,9; 1,4 % C_{org}; 14 mval/100g KAK und 140 l/m² nFK. Aus der Atmosphäre werden jährlich ca. 50 kg N und 5 kg K/ha eingetragen. Auf Feld F rotiert folgende sechsfeldrige Fruchtfolge: Kartoffel – Winterweizen – Silomais – Sommergerste – Zuckerrübe – Sommerweizen. Die zwei Prüffaktoren beinhalten folgende Stufen: 1. *Strohdüngung*: 1.1. mStr = 5 t/ha*a gehäckseltes Weizenstroh, 1.2. oStr = ohne Stroh (seit 1974); 2. *N-Düngung* (KAS): 2.1. N0 = 0, 2.2. N1 = 50 bzw. 100, 2.3. N2 = 100 bzw. 200 kg N/ha zu Getreide bzw. Hackfrucht. 60 kg P und 300 kg K/ha werden zweijährlich zur Hackfrucht gedüngt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Strohdüngung erhöhte insbesondere in Kombination mit steigender N-Gabe den C-Gehalt im Boden; ohne Stroh nahm der C-Gehalt ab (Tab. 1).

Tab. 1: Veränderung des Boden-C- und –N-Gehaltes (1997 zu 1949 resp.1973) sowie weitere Bodenparameter (1997) in Abhängigkeit von der Düngung

Parameter	mStr			oStr		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2
% C _{org}	+0,01	+0,09	+0,14	-0,07	-0,02	-0,02
ppm N	-170	-60	-30	-190	-150	-140
C:N	13,5	13,4	13,2	13,2	13,1	12,9
pH	6	5,8	5,6	5,9	5,9	5,7

Der N-Gehalt in der organischen Bodensubstanz (OBS) sank im Versuchszeitraum bei allen Düngungsvarianten, besonders stark bei jenen ohne N- und Strohdüngung (Merbach, Schmidt u. Wittenmayer 1999). Eine wichtige Ursache ist die überwiegend negative N-Bilanz (Tab. 2). Die Fruchtarten hatten einen unterschiedlichen N-Saldo (Schmidt u. Merbach 2004). Nur Kartoffeln und Silomais wiesen bei N2 mit und ohne

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Julius-Kühn-Str. 31, D-06112 Halle/S.; lothar.schmidt@landw.uni-halle.de

Strohdüngung einen Umwelt bedenklichen N-Überhang von mehr als 50 kg/ha*a auf (siehe Abb. auf dem Poster).

Tab. 2: Einfache N-Bilanz (Düngung – Abfuhr) in kg/ha*a (Mittel 1979-2003)

Bilanz- größen	mStr			oStr		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2
Düngung	17	92	167	0	75	150
Abfuhr	71	117	157	72	117	157
Saldo	-54	-25	+10	-72	-42	-7
insges. t/ha	-13,5	-6,25	+2,5	-18	-10,5	-1,8

Das CN-Verhältnis der OBS erweiterte sich durch die Strohdüngung und verengte sich bei steigender N-Düngung (Tab. 1). Der C- und N-Vorrat im Boden wurden sowohl durch die Stroh- als auch durch die N-Düngung erhöht (Tab. 3).

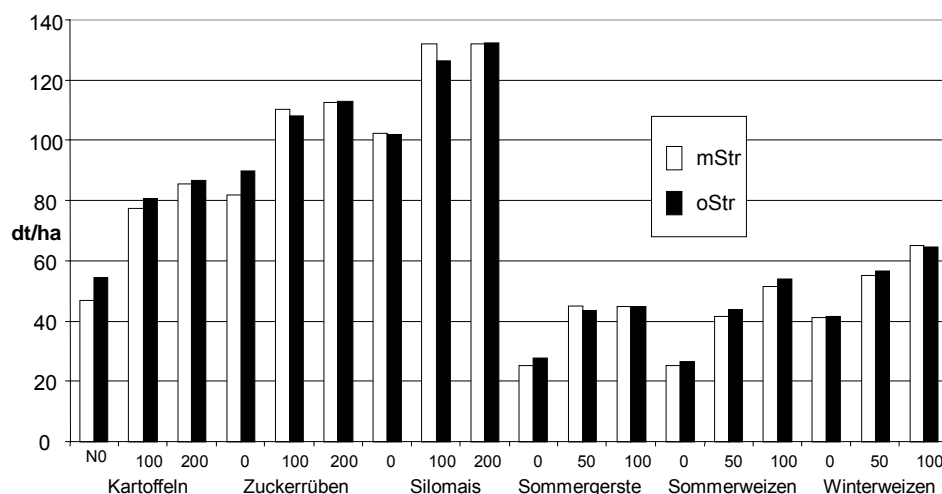
Tab. 3: Einfluss der Stroh- und N-Düngung auf den C- und N-Vorrat im Boden in t/ha (0-60 cm, Mittel von 1995 und 1997)

t/ha		oStr	mStr	Stroheffekt
C _{org}	N0	91,2	96,9	5,7
	N1	96,3	102	5,7
	N-Effekt	5,1	5,1	10,8
N _{org}	N0	7,65	7,68	0,03
	N1	7,83	8,01	0,18
	N-Effekt	0,18	0,33	0,36

Die C-Anreicherung des Bodens durch die Strohdüngung bedeutet, etwa 12,5 % des im Stroh enthaltenen C wurde verwertet bzw. und die Reproduktionsleistung von einer t Stroh entsprach etwa 50 kg Humus-C.

Die N-Düngung steigerte den Ertrag Fruchtarten spezifisch. Die Stroh- ohne N-Düngung minderte - außer bei Silomais und Winterweizen - den Trockenmasseertrag an Haupternteerzeugnissen, wie die Abbildung 1 zeigt.

Abb. 1: Mittlerer TM-Ertrag in Abhängigkeit von N- und Strohdüngung (1977-2004)



Literatur

Merbach, W; L. Schmidt und L. Wittenmayer 1999: Die Dauerdüngungsversuche in Halle (Saale). B.G. Teubner Stuttgart-Leipzig, 150 S.

Schmidt, L. und W. Merbach 2004: Reaktion des Boden-C- und -N-Gehaltes auf Düngung – Ergebnisse von Dauerversuchen in Halle/S., Deutschland. Arch. Agron. Soil Sci. 50: 49-57

Veränderung von fruchtbarkeitsrelevanten Bodeneigenschaften durch Aufforstung landwirtschaftlich genutzter Flächen

S. Both¹⁾, S. Tischer²⁾, B. Hofmann¹⁾, H. Tanneberg²⁾ & O. Christen¹⁾

Einleitung

Das Gebiet um den „Süßen See“ in Seeburg (Landkreis Mansfelder Land, Land Sachsen-Anhalt) ist durch Hangneigung, intensive landwirtschaftliche Nutzung und den Obstbau stark erosionsgefährdet. Mit der Aufforstung besonders exponierter Flächen und die Einrichtung von Dauergrünland sollen die Devastierungen langfristig eingedämmt bzw. völlig verhindert werden. Die Untersuchungen verfolgen das Ziel, die bisher eingetretenen Auswirkungen der Nutzungsänderungen auf ausgewählte bodenphysikalische Eigenschaften und die Kohlenstoffgehalte im Boden zu erfassen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Frühjahr 2004 auf degradiertem Löß-Schwarzerde bei verschiedenen Hangdispositionen (Oberhang- und Mittelhangbereich sowie Hangfuß) und den Nutzungsformen Acker (Zuckerrüben), Grünland und Aufforstung (2000) durchgeführt. An dieser Stelle werden Ergebnisse vom Oberhang vorgestellt. Bodenseitig handelt es sich hierbei um Pararendzinen (Bodenart Ut4 – stark toniger Schluff). Für die bodenphysikalischen Untersuchungen (u.a. Trockenrohdichte, Wasserretention, Luft- und Wasserleitfähigkeit nach DIN ISO 11272, 11274 und DIN 19683-9) in den Bodentiefen 0-6, 16-22, 24-30 und 32-38 cm wurden 250 cm³-Stechzylinder eingesetzt. Die Beprobung für die bodenchemischen Werte erfolgte in dm-Abständen (Oberkrume 0.5 dm) bis in 4 dm Bodentiefe. Als weitere Methoden wurden angewendet: C_{org} (DIN ISO 10694), C_{hwf} nach VDLUFA-Vorschrift und C_{mic} (DIN ISO 14240-1).

Ergebnisse und Diskussion

Aufforstung und Grünlandnutzung führen zur signifikanten Verminderung der Trockenrohdichte (TRD) in der oberen Krume (Tab. 1). In analoger Weise nehmen

Tab. 1: Trockenrohdichte und gesättigte Wasserleitfähigkeit (Frühjahr 2004)

Nutzungsart	Trockenrohdichte [g/cm ³]		Ges. Wasserleitfähigkeit [cm/d]	
	0 – 22 cm	32 – 38 cm	0 – 22 cm	32 – 38 cm
Acker (Zuckerrüben)	1.44	1.41	4	10
Grünland	1.30	1.39	48	10
Aufforstung	1.36	1.54	80	9

die Luftkapazität bzw. das Grobporenvolumen insgesamt und die gesättigte Wasserleitfähigkeit systematisch ab. Auch verweisen die im Vergleich zum Grünland bei Ackernutzung deutlich höheren TRD-Werte (hier nicht dargestellt) auf z.T. partiell vorliegende Bearbeitungssohlen in der Unterkrume (24 – 30 cm). In der Krumbasis (32 – 38 cm) sind dagegen die Unterschiede mit Ausnahme der Aufforstung nicht so gravierend. Die Aufforstungsfläche war offensichtlich bei Beginn der Nutzungsänderung in der Unterkrume und Krumbasis bereits durch eine erhebliche Vorbelas-

tung gekennzeichnet. Künftige Untersuchungen sollen hierzu detaillierte Kenntnisse über die weitere Gefügeentwicklung bringen.

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und heißwasserlöslichem Kohlenstoff (C_{hwl}) sowie die mikrobielle Aktivität (C_{mic}) zeigen bereits in einem relativ kurzen Zeit-

Tab. 2: C_{org} -, C_{hwl} - und C_{mic} -Gehalte (Frühjahr 2004)

Nutzungsart	Bodentiefe [cm]				
	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40
C_{org} [M.-%]					
Acker (Zuckerrüben)	1.06 a ¹⁾	1.05 a	1.10	0.76	0.64 a
Grünland	1.66 b	1.31 b	1.26	0.94	0.84 b
Aufforstung	1.82 b	1.35 b	1.20	0.90	0.48 a
C_{hwl} [μ g C / kg Boden]					
Acker (Zuckerrüben)	358 a	347	371	184 a	136
Grünland	659 b	419	398	128 a	110
Aufforstung	718 b	469	405	334 b	122
C_{mic} [μ g C / g TS]					
Acker (Zuckerrüben)	219 a	230 a	235	117 a	109
Grünland	566 b	266 a	234	92 a	79
Aufforstung	695 b	344 b	264	207 b	110

¹⁾ signifikant bei t_{α} 5 %

raum in den oberen Bodenschichten (0 – 5, 5 – 10 und z. T. auch 10 – 20 cm) deutliche Veränderungen zugunsten der Grünlandnutzung und der Aufforstungsflächen (Tab. 2). In größeren Bodentiefen (speziell 20 – 30 cm) sind besonders die gegenüber Ackernutzung höheren C_{org} -Gehalte hervorzuheben, die bei den aufgeforsteten Oberhangflächen im Zusammenhang mit den Gehalten an heißwasserlöslichem Kohlenstoff und der intensiven mikrobiellen Aktivität stehen. Die in dieser Bodentiefe vorherrschenden C- Differenzierungen sind nicht allein auf die unterschiedliche Nutzung zurückzuführen, sondern dürften wesentlich durch die vorherige Bewirtschaftung geprägt sein.

Zwischen C_{org} -, C_{hwl} - und C_{mic} -Gehalte bestehen signifikante positive lineare Beziehungen. Die hohen Gehalte an umsetzbarer organischer Substanz wirken sich nicht nur auf die mikrobiellen Kennwerte (z.B. die Enzymaktivitäten: u. a. Katalase, Arginin-Ammonifikation, β -Glucosidase) fördernd aus, sondern auch auf das Lumbricidenvorkommen.

Das Datenmaterial bildet die Grundlage für weitere langfristige Beobachtungen zur komplexen Bewertung nutzungsbedingter Veränderungen des Ökosystems Boden im Gebiet des Süßen Sees Seeburg.

Ursachen und Auswirkungen von Wachstumsstörungen bei Sommerweizen in einem Feldbestand

F. Herbst¹⁾ & B. Hofmann²⁾

Einleitung

In einem Feldbestand traten mit Beginn der Bestockung großflächig Wachstumsstörungen bei Sommerweizen auf. Die geschädigten Pflanzen zeigten eine zunehmend hellgelbe Färbung und blieben in der Entwicklung gegenüber den übrigen Weizenpflanzen deutlich zurück. Mit den Untersuchungen sollen die Ursachen der Wachstumsanomalien und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Ertragsbildung ermittelt werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten 2003 in einem Feldversuch auf dem Julius-Kühn-Feld Halle (Parabraunerde-Tschernosem, Bodenart stark lehmiger Sand – SI4) der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. In diesem Versuch wurden auf Grundlage der Wachstumsstörungen Areale ausgegrenzt und beprobt. Dabei konnten folgende Varianten unterschieden werden:

1. ohne Wachstumsstörungen / ohne N-Düngung (oSoN)
2. ohne Wachstumsstörungen / mit N-Düngung (oS_mN)
3. mit Wachstumsstörungen / ohne N-Düngung (mSoN)
4. mit Wachstumsstörungen / mit N-Düngung (mS_mN)

Die zur N-Düngung vorgesehenen Flächen erhielten 2 Gaben (Piasan) in Höhe von 60 kg N / ha zu ES 14 und ES 23. Untersucht wurden physikalische und chemische Bodenparameter, Pflanzenentwicklung und -inhaltsstoffe sowie der Ertragsaufbau.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungsbefunde verweisen in 8 bis 22 cm Bodentiefe auf Raddruckverdichtungen, die zur Weizenbestellung im Frühjahr entstanden sind. In diesen Bodentiefen war auch das für die Durchwurzelung maßgebende Grobporenvolumen stark

Tab. 1: Bodenphysikalische Kennwerte bei ES 31 – 32 (Mai 2003)

Pflanzenbestand	Bodentiefe [cm]				
	2 - 8	8 - 14	16 - 22	24 - 30	32 - 38
Trockenrohdichte [g / cm ³]					
ohne Wuchsstörungen	1.42	1.63	1.58	1.69	1.59
mit Wuchsstörungen	1.49	1.79*	1.71*	1.68	1.55
Grobporenvolumen (> 10 µm) [Vol.-%]					
ohne Wuchsstörungen	23.5	13.3	14.4	7.8	13.9
mit Wuchsstörungen	19.7	3.9*	6.6*	5.6	14.4
Gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm / d]					
ohne Wuchsstörungen	96	12	19	6	20
mit Wuchsstörungen	53	6	6	2	21

* signifikant t_{α} 5 %

eingeschränkt (Tab. 1). Obwohl im Pflugsohlenbereich (24 – 30 cm) keine signifikanten TRD-Differenzen auftraten, signalisieren geringe Grobporenvolumina (< 6 Vol.-%) und kf-Werte von 2 cm/d auch in dieser Tiefe gravierende Strukturschäden. Die durch Raddruck (u.a. tangentiale Scherkräfte, Knetwirkung) zum Teil schon bei der Grundbodenbearbeitung (Pflügen) vorgeschädigten Bereiche erstrecken sich also tiefer in den Boden als zunächst beim Betrachten der TRD-Werte angenommen wurde.

Infolge der Bodenverdichtungen und der damit verbundenen Einschränkung der Durchwurzelung wurde die Aufnahme des Stickstoffs (Tab. 2) und des Bodenwassers begrenzt. Dadurch blieben die Weizenpflanzen in der Entwicklung (verminderte Wuchshöhe) und Massebildung zurück. Pflanzen mit Wachstumsstörungen wiesen

Tab. 2: N-Aufnahme, Ertrag und Ertragsstruktur

Kennwerte	Varianten			
	1. oSoN	2. oSmN	3. mSoN	4. mSmN
N-Aufnahme [kg / ha]				
ES 22 – 23 (10.05.2003)	33.0	32.5	9.9	11.8
ES 32 – 33 (29.05.2003)	73.7	155.3	53.8	77.8
Ertrag, Ertragsstruktur				
Stroh [dt/ha, rel.]	63.3 dt/ha (rel.100)	119	75	86
Korn [dt/ha, rel.]	74.0 dt/ha (rel.100)	124	84	98
Ährenzahl [Anz./m ²]	612	644	672	652
Kornzahl / Ähre [Anz.]	28	32	21	25
Tausendkornmasse [g]	43.2	45.1	43.8	45.3

während des Schossens geringere N-Gehalte als bei ungehinderter Pflanzenentwicklung auf. Von der Reduzierung waren zu Beginn des Schossens besonders stark der Aminosäure-N und der Eiweißstickstoff betroffen. Zum Schossende lagen zwar immer noch stark differierende Gehalte vor, aber die Anteile am Gesamt-N unterschieden sich nicht mehr wesentlich.

Die anfänglich geringere Bestockung der Sommerweizenpflanzen auf den verdichteten Arealen wurde in späteren Entwicklungsstadien durch eine intensive Nebentriebbildung abgelöst, die zur Ausbildung sehr kleiner Ähren mit verminderter Ährchenzahl führte. Dadurch ergab sich zur Ernte auf den verdichteten Parzellen eine deutliche Herabsetzung des Ertragsstrukturmerkmals Kornzahl / Ähre. Auf die Ährenzahl und die Tausendkornmasse wirkten sich die Bodenverdichtungen in diesem Versuch nicht wesentlich aus.

Die verdichtungsbedingten Wachstumsbeschränkungen waren bis zur Ernte sichtbar. Sie wirkten sich auf den Strohertrag mit Ertragseinbußen von 29 % stärker als auf den Kornertrag aus, die hier im Mittel der Verdichtungsvarianten 21 % betragen. Die N-Düngung vermochte weder bei den Ertragsstrukturmerkmalen noch dem Ertrag die ungünstigen Wirkungen von Bodenstrukturschäden wesentlich zu kompensieren.

Die Auswirkungen der Schadverdichtungen traten unter den trockenen Witterungsbedingungen des Frühjahres 2003 auf dem mischkörnigen Sandlehm besonders deutlich hervor. Die Ertragsausfälle entsprechen etwa den Größenordnungen, die in früheren Untersuchungen unter vergleichbaren Bedingungen bei Kartoffeln, Zuckerrüben und Sommergerste gefunden wurden.

Variation der N-Nettomineralisation in Winterweizenbeständen: Ansätze zur räumlichen und dynamischen Abschätzung

T. Johnen, U. Böttcher & H. Kage*

Einleitung

Ein wesentlicher Aspekt für die Ableitung einer teilflächenspezifischen Stickstoffdüngestrategie ist die Abschätzung der räumlichen Variation der Stickstoffnettomineralisation. Hierbei muss auch die Interaktion der Nettomineralisation mit der N-Düngung beachtet werden (Engels & Kuhlmann, 1993). Aus einer Flächenbilanz lässt sich *ex post* die Höhe der N-Mineralisation abschätzen, eine Schätzung für folgende Jahre ist wahrscheinlich nur bedingt möglich. Durch die Abschätzung eines Mineralisationspotentials im Sinne einer Poolgröße könnte hingegen versucht werden, rechnerisch die im Vegetationsjahr bereits abgelaufene und die noch zu erwartende Nettomineralisation zu ermitteln und in eine teilflächenspezifische Düngplanung miteinzubeziehen. Neben Schnellmethoden zur Messung von Humusmenge und -qualität (Stenberg *et al.* 2005) können vermutlich auch Messungen der Bestandesentwicklung nicht oder reduziert gedüngter Flächen hierzu einen Betrag liefern.

Material und Methoden

In den Jahren 2003 und 2004 wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen nahe Kiel Winterweizen cv. Ritmo auf verschiedenen Betriebsschlägen angebaut, wobei jeweils zwei ungedüngte Transekte eingerichtet wurden. 2004 wurden innerhalb der ungedüngten Transekte an topografisch unterschiedlichen Positionen Stickstoffsteigerungsversuche angelegt (N0 = keine Düngung, N1 = 120, N2 = 192, N3 = 320 kg N/ha). Pflanzenproben wurden zu Vegetationsbeginn und Ernte genommen und N-Konzentrationen sowie Trockenmassen ermittelt. Ab April wurden wöchentlich Bestandesflächenindex (BstFI) -Messungen mit LAI 2000 (Licor) durchgeführt. Die Kornerträge wurden mittels eines Online-Erfassungssystems kartiert und in getrennten Versuchspartellen wurde ein Kerndrusch durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittlichen Erträge des gedüngten Teilschlages waren mit 102 dt/ha (2003) und 103 dt/ha (2004) in beiden Jahren auf den verschiedenen Schlägen ähnlich. Im Jahr 2004 lag der Variationskoeffizient (VK) mit 9,5 % etwas höher als 2003 mit 6,2 %. Die Erträge in den ungedüngten Transekten waren jeweils wesentlich niedriger (56,7 dt/ha 2003, 68 dt/ha 2004) bei jedoch deutlich höherer Variation (2003: VK=12% und 2004: 21,5%).

Die starke Variation der Kornerträge der ungedüngten Transekten findet sich auch in den N0-Parzellen wieder (Abb. 1), wobei sich ein deutlicher Einfluss der topografischen Position zeigte. Trockenstress trat 2004 nicht auf, die Ertragsunterschiede gedüngter Parzellen sind demnach geringer.

Die N-Entzüge zum Zeitpunkt der Ernte weisen für die N0-Parzellen eine Korrelation ($r^2= 0,51$) zum BstFI zum EC 31-32 auf (Abb. 2). Dieser kann auch aus Reflexionsmessungen abgeleitet werden, wodurch eine Abschätzung der Nettomineralisation schon zu einem frühen Zeitpunkt auch technisch möglich erscheint.

* Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

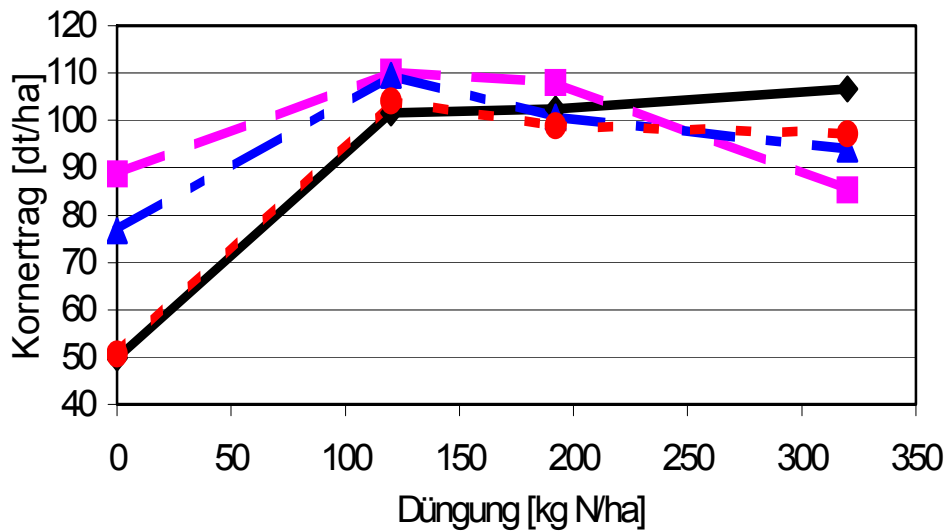


Abb. 1: Beziehung zwischen Kornertrag und N-Düngung an unterschiedlichen topografischen Positionen 2004, —◆— Oberhang, —■— Senke, —▲— Hang, —●— Rücken.

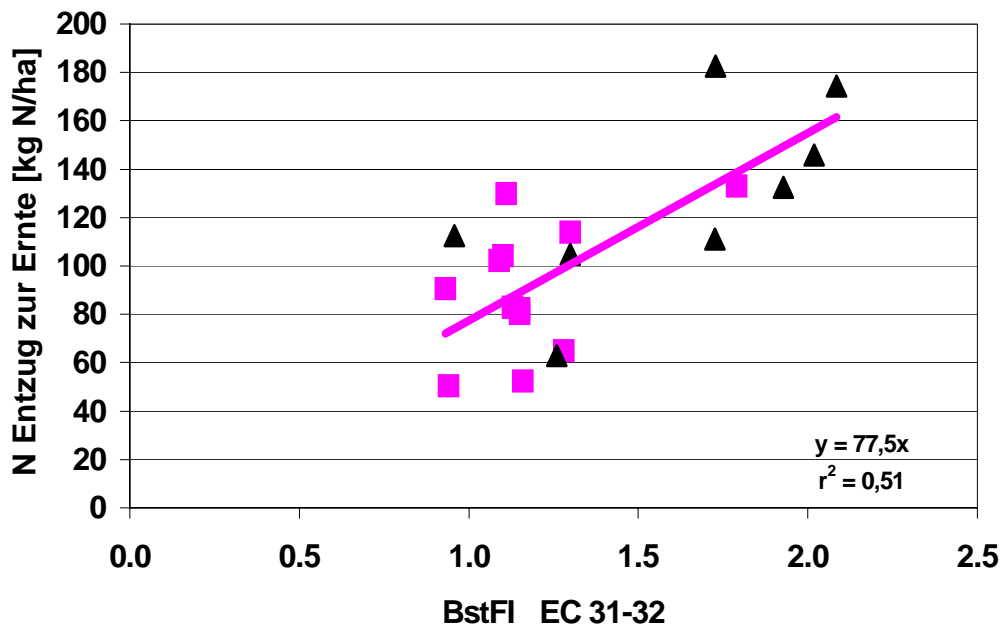


Abb. 2: N-Entzug zur Ernte ungedüngter Parzellen in Beziehung zu deren Bestandesflächenindex (BstFI) zum EC 31-32, ■ 2003, ▲ 2004.

Literatur

Engels, T.; H. Kuhlmann 1993: Effect of the rate of N fertilizer on apparent net mineralization of N during and after cultivation of cereal and sugar beet crops. Z.Pflanzenernähr. Bodenk. 156: 149-154.
Stenberg, B.; A. Jonsson and T. Bjärjesson 2005: Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict nitrogen uptake by winter wheat within fields with high variability in organic matter. Plant and Soil 269: 251-258.

Chlorophyll content (SPAD values) variations in sugar beet leaves

Lucie Jozefyová, Jaroslav Urban & Josef Pulkrábek*

Introduction

In three year's small-plot trial, we measured relative chlorophyll content (SPAD values) in leaves of two sugar beet varieties during whole vegetation period. We evaluated the influence of variety, nitrogen fertilization (0 - 200 kg N.ha⁻¹), application of growth stimulators Atonik and Biosfor and fungicide Alert S on chlorophyll content (measured by chlorophyll meter SPAD-502).

Material and methods

During 1999 – 2001, a small-plot trial with sugarbeet was established at the field of the experimental station of the Faculty of Agronomy of the Czech University of Agriculture in Cervený Újezd. We surveyed SPAD values (relative chlorophyll content, without units) in plants fertilised in amount from 0 to 200 kg N.ha⁻¹ and plants treated with growth stimulator (Atonik and Biosfor) and fungicide (Alert S) during vegetation. SPAD values were measured by chlorophyllmeter SPAD-502, which allows quick and non-destructive determination of relative chlorophyll content by measuring of light transmission through the leaf. Transmission is measured in two wavelengths: 650 nm (red light), in which is high absorbance of radiation by chlorophyll and 940 nm (near infrared), in which is absorbance by chlorophyll very low. We always measured SPAD values in upper third of leaf blade of medium old sugar beet leaves (according to methodology published by Pulkrábek, 1998).

Results and discussion

We determined highly significant differences in SPAD values between experimental years, which were caused especially by different precipitations. The highest differences were between vegetation of the year 2000 with below normal precipitation (66 % of precipitation normal), when plants had in average of vegetation period 620 SPAD units and the year 2001 with above normal precipitation during vegetation period (121 % of precipitation normal), when chlorophyll content was in average by 57 SPAD units lower.

We evaluated chlorophyll content variations in sugar beet leaves and found out, that chlorophyll content was significantly influenced by growth stage. The relative chlorophyll content (SPAD values) rapidly increased with leaves growth from beginning of vegetation until the cover of the ground (growth stage 39 BBCH) and in following period (41 - 47 BBCH), when the intensive leaves growth is replaced by intensive beet root creation, the chlorophyll content did not change any more with growth stage (fig 1). Changes of SPAD values with growth stage also found Schepers et al. (1992), Gáborčík (1997).

From monitored agrotechnical factors, the chlorophyll content (expressed by SPAD values) was significantly influenced by nitrogen fertilization, fungicide treatment and by variety. Nitrogen fertilization in amount 50 to 200 kg N.ha⁻¹ increased chlorophyll content in dependence on the nitrogen fertilizer rate by 38 to 87 SPAD units, that is by 6.7 – 15.2 % in comparison to non-fertilised plants (table 1). From the table is evident, that the highest increase of chlorophyll content brings first additional

* Czech University of Agriculture in Prague, Department of Crop Production, Kamýcká 129, 165 21 Prague 6 – Suchbát, Czech Republic

fertilizing by 50 kg N.ha⁻¹ – in average by 38 SPAD values, that is 6.7 % in comparison to non-fertilised variant. Next fertiliser dose increase by 50 kg N.ha⁻¹ brings only 3 % increase of SPAD values (in average 17 SPAD units). Many authors (Bullock – Anderson, 1998; Hoel, 2002) using different crops identically present, that SPAD values significantly increase with rate of nitrogen fertiliser, because with increasing amount of an accessible nitrogen the plants produce more chlorophyll.

After fungicide treatment, the chlorophyll content increased in average by 30 SPAD units, that is by 4.7 % in comparison to non-treated plants. Experimental varieties Elan and Epos differ in average by 16 SPAD units, that is by 2.6 %. Application of growth stimulators Atonik and Biosfor did not influence chlorophyll content.

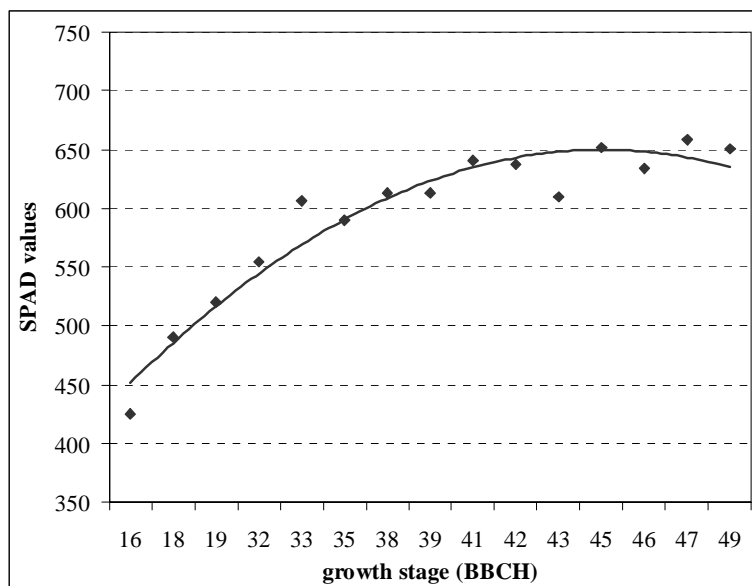


Fig. 1: Chlorophyll content changes (SPAD values) during vegetation (1999 – 2001)

Tab. 1: Chlorophyll content (SPAD values) by plants fertilised with different dose of nitrogen, expressed in % of non-fertilised variant, (1999 – 2001)

Nitrogen kg.ha ⁻¹	BBCH									Average
	33	35	39	41	42	43	45	46	47	
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
50	104.9	108.5	108.7	109.0	106.2	103.4	107.1	102.0	110.5	106.7
50 + 50	105.5	112.6	110.9	111.2	113.1	106.9	109.7	105.4	113.8	109.9
100	110.3	114.1	109.7	108.2	109.0	109.3	107.8	105.4	111.3	109.5
150	108.0	113.1	114.4	116.5	114.5	111.4	112.4	109.9	116.0	112.9
200	111.3	117.4	116.8	117.7	117.6	113.0	116.9	109.8	116.7	115.2

References

- Bullock, D.G. – Anderson, D.S. (1998): Evaluation of the Minolta SPAD-502 Chlorophyll Meter for Nitrogen Management in Corn. *Journal of Plant Nutrition*, 21 (4): 741-755.
- Gáborčík, N. (1997): Stanovení dusíka v listoch rastlín prenosným chlorofylmetrom. *Polnohospodárstvo* 43 (1): 1-8.
- Hoel, O. B. (2002): Chlorophyll Meter Readings in Winter Wheat: Cultivar Differences and Prediction of Grain Protein Content. *Acta Agric. Scan., Sect. B, Soil and Plant Sci.*, 52: 147-157.
- Pulkrábek, J. (1998): Possibilities to determine changes in chlorophyll content in leaves of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by Minolta chlorophyllmeter. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 29 (1): 1-15.
- Schepers, J.S. et al. (1992): Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 23: 2173-2187.

VICA-E – ein Baustein zur Kopplung von Architektur- und Prozessdynamik am Beispiel der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.)

Tino Dornbusch, Peter Wernecke & Wulf Diepenbrock*

Einleitung

Computational plant models or 'Virtual Plants' are increasingly seen as a useful tool for comprehending complex relationships between gene function, plant physiology plant development and the resulting plant form (Prusinkiewicz 2004). Dieser Modellansatz beruht auf einer dynamischen Vernetzung von Pflanzenorganen im virtuellen, dreidimensionalen (3D) Raum auf Basis der Geometrie und der Topologie von Einzelpflanzen und Pflanzenbeständen. Im Hinblick auf die mathematische Beschreibung der Struktur des Pflanzensprosses durch ein Architekturmodell existieren verschiedene Methoden zur Quantifizierung der Pflanzenarchitektur unterschiedlicher Präzision und Einsatztauglichkeit. Das Ziel ist die Beschreibung der 3D Architektur auf der Datenbasis vermessener Pflanzengeometrie und -topologie von Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) durch die Entwicklung und den Einsatz der Modellkomponente VICA-E. Die Ergebnisse sollen zukünftig zur Weiterentwicklung und Kalibrierung der Modellfamilie VICA, die die Kopplung der Architekturdynamik mit physikalisch-physiologisch determinierten Prozessen verbindet, genutzt werden.

Material und Methoden

Die Umsetzung der Kopplung von Architektur- und Prozessdynamik erfordert die Entwicklung eines Modellsystems, welches die umfangreichen Arbeiten von der Erhebung der Primärdaten über die Datenauswertung und –speicherung bis zur Umsetzung des Modells in einer geeigneten Programmiersprachen gestattet. Für die Übertragung der 3D Architektur von Gerstenpflanzen in virtuelle Pflanzenmodelle, wurde die Modellfamilie VICA (Wernecke *et al.* 2000) um die Modellkomponente VICA-E erweitert. Zur Datengewinnung wurden Messsysteme eingesetzt um *i)* 3D Punktwolken von Pflanzen (Digiscan 2000, RSI-GmbH, Oberursel), *ii)* 2D Bilder von Pflanzen (Digitalkamera) bzw. Pflanzenorganen (Flachbett-Scanner) und *iii)* organbezogene Zustandsgrößen (z.B. Massen) aufzunehmen. Die neu entwickelte Modellkomponente VICA-E stellt Algorithmen zur Verarbeitung und Strukturierung der Primärdaten bereit und ermöglicht die Konstruktion und Visualisierung von virtuellen 3D Pflanzen. Die entwickelten Algorithmen von VICA-E sind in der MATLAB Entwicklungsumgebung implementiert worden.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Beschreibung der Architekturdynamik im Verlauf der Ontogenese liegen umfangreiche Zeitreihen des Verlaufes organbezogener Zustandsgrößen (z.B. Flächen, Massen) vor, die mit den oben genannten Verfahren gemessen wurden. Abbildung 1 zeigt eine virtuelle Pflanze, die mit Algorithmen der Modellkomponente VICA-E auf Grundlage von Daten von 2D Bildern konstruiert wurde.

* Institut für Acker- und Pflanzenbau Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Strasse 2 06108 Halle/Saale

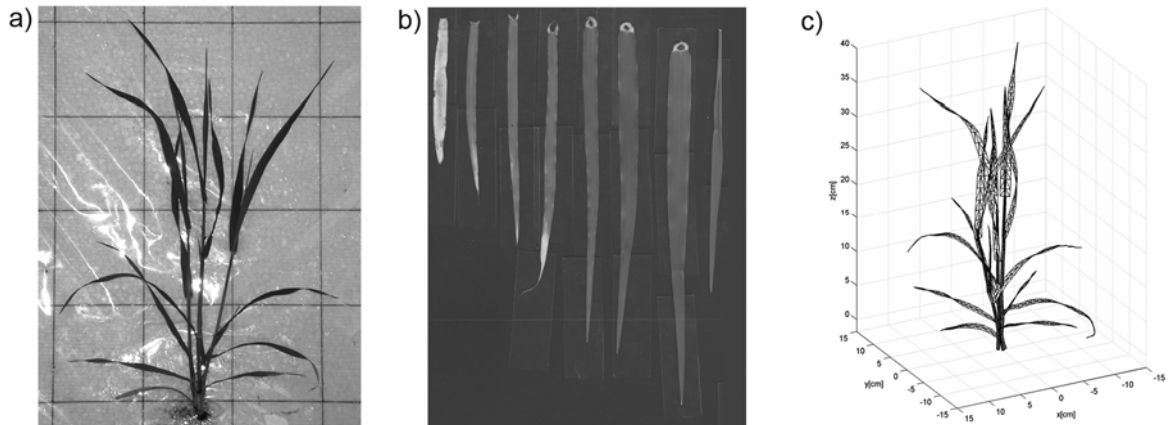


Abb. 1: (a) Gerstenpflanze fotografiert mit einer Digitalkamera, (b) Blattspreiten des Haupttriebes mit Flachbettscanner aufgenommen, (c) Virtuelle Pflanze, konstruiert aus den Daten der Digitalbilder mit der Modellkomponente *VICA-E*

Die entwickelte Modellkomponente *VICA-E* umfasst Algorithmen zur Bestimmung organbezogener Zustandsgrößen aus 3D Punktwolken und 2D Bildern, die Grundlage für ein Architekturmodell zur mathematischen Beschreibung der Pflanzenarchitektur sind. Sie gehört zum Modellsystem *VICA*, das neben *VICA-E* weitere Modellkomponenten zur Simulation der Architekturdynamik (*VICA-T*), zum organspezifischen Photonentransfer (*VICA-P*), zur Stoffproduktion und zur Stoffallokation enthält. Zukünftige Untersuchungen fokussieren auf den Einfluss der Umweltfaktoren (Licht, Stickstoffernährung), auf das Pflanzenwachstum sowie deren Beschreibung durch *VICA* unter Einbindung eines physiologisch determinierten Photosynthese-Modells (s. Müller *et al.* 2005).

Literatur

- Müller, J., P. Wernecke & W. Diepenbrock, 2005: LEAFC3-N: a nitrogen-sensitive extension of the CO₂ and H₂O gas exchange model LEAFC3 parameterized and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecol. Mod.* 183, 183-210.
- Prusinkiewicz P. 2004: Modeling plant growth development. *Current Opinion in Plant Biology* 7, 79-83.
- Wernecke P., G. Buck-Sorlin & W. Diepenbrock, 2000: Combining process- with architectural models: The simulation tool *VICA*. *Systems Analysis Modelling Simulation* 39, 235-277.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des DFG-Projektes DI 294/23 gefördert.

Methode zur Bestimmung der Lichtaufnahme in Abhängigkeit der Bestandesarchitektur von Gurken (*Cucumis sativus* L.)

Dirk Wiechers, Katrin Kahlen & Hartmut Stützel*

Einleitung

In der Produktion von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus* L.) liegt der Einsatz von Nährstoffen, Wasser und Temperatur in der Regel sehr nahe am Optimum. Demzufolge ist Licht meist der hauptlimitierende Wachstumsfaktor (Warren Wilson *et al.*, 1992). Da Gurken mit ihrer ausgeprägten Reihenstruktur und ihren großen Blättern ein gutes Beispiel für räumlich heterogene Pflanzenbestände sind, ist es das Ziel, ein Modell für Gewächshausgurken zu entwickeln, das es erlaubt, die Effekte der Pflanzenbestandsarchitektur auf die Lichtaufnahme, Photosynthese und die Trockenmassenallokation zu analysieren. Um die Lichtaufnahme und Produktivität zu verstehen und zu verbessern, ist ein dreidimensionales Verständnis der Zusammenhänge zwischen Pflanzenbestandsarchitektur, Lichtaufnahme und Produktivität nötig. Dazu müssen die Prozesse in der Pflanze auf Einzelorganbasis abgebildet werden.

Material und Methoden

Für die Bestimmung der Lichtaufnahme werden Submodelle für Strahlungstransfer, Photosynthese und Assimilatverteilung entwickelt und miteinander sowie mit einem Strukturmodell für Gewächshausgurke gekoppelt.

Das Strahlungstransfersubmodell erhält die geometrischen Daten der Pflanzen aus dem Strukturmodell. Aus diesen Daten wird für jedes Blatt der sonnenbeschienene und der beschattete Anteil bestimmt. Die dazugehörige Lichtintensität der jeweiligen Fläche wird in Abhängigkeit des Sonnenstandes, der Lichtintensität sowie der Pflanzen- und Bestandesarchitektur bestimmt. Die sonnenbeschienenen und beschatteten Blattflächen werden anhand eines Projektionsalgorithmus unterschieden. Die Intensität des direkten Lichts auf der sonnenbeschienenen Blattfläche wird mittels der einstrahlenden PAR in Abhängigkeit von dem Winkel zwischen Einstrahlungsvektor und Flächennormalen berechnet. Die Intensität auf den nicht direkt beschienenen Blattflächen bzw. der diffuse Lichtanteil wird basierend auf einem Ansatz von Monsi & Saeki (2005) kalkuliert. Parameter für die Kalkulation sind der Blattflächenindex, die Reflektion und die Transmission der umgebenden Blätter sowie empirische Faktoren, die den Einfluss der Pflanzenverteilung beschreiben.

Das Photosynthesesubmodell basiert auf einem biochemischen Modell von Farquhar *et al.* (1980). Die Parametrisierung für Gurke basiert auf einem Ansatz, welcher das biochemische Photosynthesemodell mit einem Modell für stomatären Widerstand kombiniert.

Das Assimilatverteilungssubmodell teilt die Assimilate in Abhängigkeit von der Quellen- und Senkenstärke der einzelnen Organe und dem wachsenden Widerstand durch den Abstand zwischen ihnen auf und übergibt die produzierten Assimilate auf Einzelorganbasis an das Strukturmodell.

* Universität Hannover, Institut für Gemüse- und Obstbau, Abteilung Gemüsebau, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

Literatur

- Farquhar GD, Caemmerer S, Berry JA. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. *Planta* 149: 78-90.
- Monsi M, Saeki T. 2005. On the factor light in plant communities and its importance for matter production. *Annals of Botany* 95: 549-567.
- Warren Wilson J, Hand DW, Hannah MA. 1992. Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops. *Journal of Experimental Botany* 43: 363-373.

Softwaregestützte Digitalisierung von Parametern der Wurzelsystemarchitektur

Michael Kohl & Henning Kage*

Einleitung

Für die quantitative Beschreibung der Architektur von Wurzelsystemen sind einerseits die Länge und andererseits die räumliche Verteilung der Wurzeln im Substrat wichtige Parameter.

Die *Wurzellänge* kann aus eingescannten Bildern ausgewaschener Wurzeln ermittelt werden. Um die räumliche Verteilung von Wurzeln im Substrat zu quantifizieren, werden häufig Profilwandaufnahmen eingesetzt, wobei die *Koordinaten der Schnittpunkte der Wurzeln mit einer Querschnittsebene* bestimmt werden.

Manuell durchgeführte Messungen sind bei beiden Verfahren zeitaufwändig und fehlerbehaftet. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung und Evaluierung eines Computerprogramms, das es erlaubt, diese Arbeiten weitgehend zu automatisieren.

Material und Methoden

Es wurde eine Software in Delphi 5 (Inprise) entwickelt, welche sowohl eine weitgehend automatisierte Wurzellängenmessung als auch die Bestimmung kartesischer Koordinaten von Wurzelschnittpunkten erlaubt. Sie bietet darüber hinaus die Möglichkeit, fehlerhaft erkannte Messwerte manuell zu löschen. Ebenso können durch den Benutzer Koordinaten und Schnittpunkte hinzugefügt werden.

Zur Bestimmung der *kartesischen Koordinaten* von *Wurzelaustrittspunkten in Bildern von Bodenquerschnitten* werden Pixel als zusammengehörend erkannt und die Koordinaten des jeweils mittigen Pixels gespeichert.

Die *Längen der Wurzeln* werden nach der ‚line intersect method‘ (Tennant 1975) geschätzt. Zur Reduzierung von Fehlerquellen wurde ein bestimmter Mindestabstand (Toleranz) um einen Schnittpunkt festgelegt, der überschritten werden muss, damit weitere Schnittpunkte akzeptiert werden.

Um die Zuverlässigkeit der Längenmessung zu testen, wurden Baumwollfäden (Durchmesser ca. 0.076 cm), deren Länge im Bereich von 10 bis 300 cm variierte, in jeweils in 5 bis 6 cm lange Stücke zerschnitten und so auf dem Scanner ausgebreitet, dass keine Überschneidungen auftraten. Von jedem Faden wurden 5 Bilder (Strichgrafiken) eingescannt, wobei jeweils die Fäden neu auf dem Scannerglas angeordnet wurden.

Mit der von uns erstellten Software wurden dann die Fadenlängen gemessen, wobei die Seitenlängen der verwendeten Gitterzellen schrittweise von 0,25 bis 5 cm variiert wurden. Ebenso wurde sukzessive die Toleranz von 0 bis 9 Pixel verändert. Auf eine manuelle Nachbearbeitung wurde bei allen Messungen verzichtet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestimmung von XY-Koordinaten arbeitet bei guter bis sehr guter Qualität der Scanbilder (guter Kontrast, keine Verschmutzungen) zuverlässig (hier nicht dargestellt).

Es zeigte sich, dass die Qualität der Längenmessung sowohl von der Seitenlänge der Gitterzellen als auch von der gewählten Toleranz beeinflusst wird (Abb. 1).

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewaldstr. 9, 24118 Kiel. Email: kohl@pflanzenbau.uni-kiel.de

Die Verwendung eines engmaschigen Rasters führt zu besseren Ergebnissen, allerdings steigt die prozentuale Abweichung bei der geringsten Gitterweite erneut an. Möglicherweise erhöht sich bei geringer Gitterweite die Wahrscheinlichkeit einer fehlerhaften Schnittpunktbestimmung aufgrund räumlicher Nähe von parallel ausgerichteten Wurzeln und Rasterlinien.

Eine moderate Toleranzerhöhung führt im Vergleich zu Messungen ohne Korrektur zu einer besseren Übereinstimmung mit den tatsächlichen Wurzellängen. Bei weiterer Anhebung des Toleranzwertes werden die Schätzungen wieder ungenauer. Dieser Effekt ist besonders stark bei einem engmaschigen Raster. Hier sind die Abstände zwischen den Schnittpunkten so gering, dass bei Toleranzerhöhung auch korrekt erkannte Schnittpunkte entfernt werden.

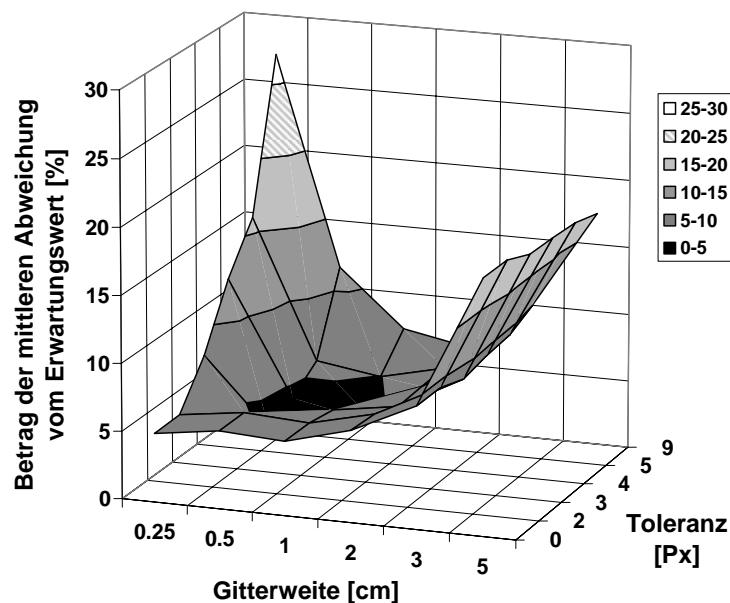


Abb. 1: Betrag der Mittelwerte der prozentualen Abweichung vom Erwartungswert, gemittelt über alle untersuchten Wurzellängen in Abhängigkeit von Gitterweite und Toleranz

Bei einer Gitterweite von 0,5 cm und einer Toleranz von 3 Pixel waren die Abweichungen vom Erwartungswert minimal. Mit diesen Einstellungen bietet der verwendete Algorithmus eine sehr gute, hoch signifikante Korrelation von Schätzwert und tatsächlicher Wurzellänge ($r^2=0,99$), die darauf hinweist, dass das Programm sinnvoll eingesetzt werden kann, um den Zeitaufwand und die Bearbeitungsfehler bei Messungen von Wurzellänge und Verteilungsmuster zu minimieren.

Die Leistungsfähigkeit der Software bei der Wurzellängenbestimmung und die Gültigkeit der ermittelten Einstellungen muss noch für andere Durchmesser und im Einsatz bei realen Wurzelbildern untersucht werden.

Das Programm ist als kompilierte Kopie auf Anfrage beim Autor erhältlich.

Literatur

Tennant, D. 1975: A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 65: 995-1001.

Integrating Leaf Physiology into Virtual Plant Models: A Leaf-based Process Model that Couples Photosynthesis, Senescence, N-Status, and C-Balance

Johannes Müller, Henning Braune, Anja Kahlau & Wulf Diepenbrock*

Introduction

The collaborative research program “*Virtual Crops*” focuses on spatial 3-dimensional modelling, simulation, and visualisation of the coupled architecture and process dynamics of barley (*Hordeum vulgare* L.) plants (simulation tool VICA, Wernecke et al., 2001; Dornbusch et al., this volume). Calculation of the dynamics of leaf and plant carbon mass ($m_{c,l}$, $m_{c,p}$) is based on the photosynthesis (A) and transpiration (E) model LEAFC3-N (Müller et al., 2005). This model accounts for the effects of environmental variables, leaf nitrogen content (N_l), leaf chlorophyll content (Ch_l), and leaf senescence on A and E. Here, we deal with the adaptation, calibration, and test of LEAFC3-N for simulating the ontogenetic time course of $m_{c,l}$ and $m_{c,p}$ of barley plants.

Material and Methods

Model parameterisation and simulation studies were based on time series data of (1) steady-state light and CO_2 (70–400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) response of A and E (LI 6400, Li-Cor Ltd, Nebraska, USA), (2) Ch_l (SPAD-502 leaf spectral transmission sensor, Minolta Co., Osaka, Japan), (3) N_l and plant carbon content (C_p) (Dumas method, C-N-analyser Vario EL¹, (4) leaf area (F_l)², and (5) leaf and plant dry mass. Measurements were made weekly on the leaves of the main tiller from appearance of the first leaf until complete plant senescence and in case of C_p on all organs. Plants were grown under controlled climate conditions at a total nitrogen (N) supply of 50 or 200 mg N plant⁻¹. The ontogenetic course of $m_{c,p}$ was simulated for unculm barley plants with a time step of one hour, combining the interpolated time course of F_l with that of modelled A and by up-scaling simulated $m_{c,l}$ to the whole plant level (Fig. 1).

Results and Discussion

To derive a parameterisation of LEAFC3-N appropriate to simulate the observed effects of N_l and leaf senescence on A and E, we established relationships between model parameters and N_l . For example, the maximum carboxylation rate was correlated strongly ($R^2 = 0.78$) with leaf N content per unit leaf area ($N_{l,a}$), whereas the correlation between maximum photosynthetic quantum yield and $N_{l,a}$ was weak. Simulated time course of plant carbon mass $m_{c,p}$ was compared with the data derived from chemical analyses (Fig. 2). The modelling approach allows predicting the ontogenetic course of $m_{c,p}$ quite well, accounting also for effects of environmental variables, N fertilization, and leaf or plant development and senescence on carbon assimilation. Thus, the model LEAFC3-N parameterised for barley leaves may be included as a submodel into the simulation tool VICA. Future development of LEAFC3-N will be focused on (1) testing the model under different growth conditions including those in

* Martin-Luther-University of Halle-Wittenberg, Institute of Agronomy and Soil Science, Ludwig-Wucherer-Straße 2, 06108 Halle/Saale

¹ Data provided by H. Beschow, K. Egle & W. Merbach, Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Halle-Wittenberg

² Provided by T. Dornbusch, Institute of Agronomy and Crop Science, University of Halle-Wittenberg

the field, and (2) expanding the model to account for the coupled dynamics of main N and C compounds at the level of plant organs.

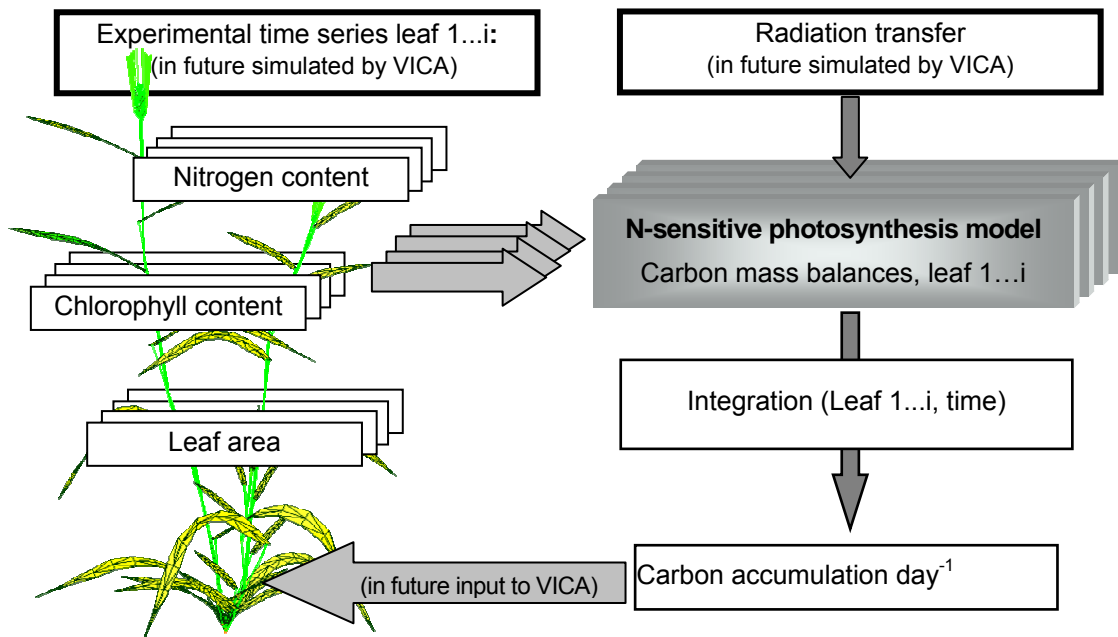


Fig. 1: Scheme of simulation of the ontogenetic course of plant carbon mass $m_{c,p}$ and of the planned combination of the LEAFC3-N photosynthesis model with the simulation tool VICA. The example of a 3D-presentation of the architecture of a barley plant was constructed by VICA.

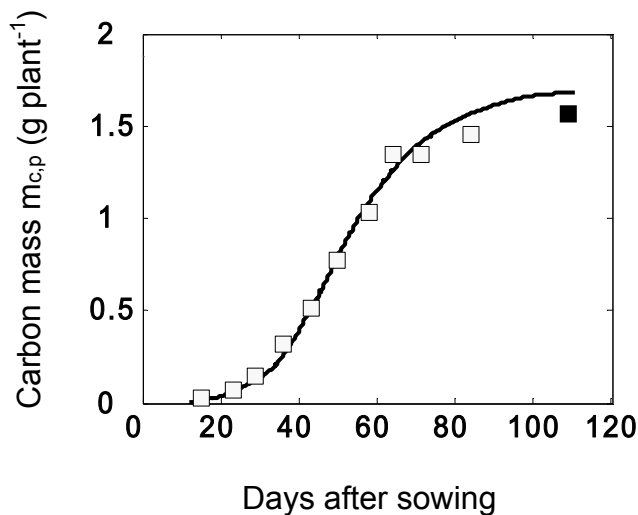


Fig. 2: Comparison of measured (\square) and simulated (line) time course of plant carbon mass (the value indicated by \blacksquare was estimated by extrapolating the course of measurement data).

References

- Müller, J.; P. Wernecke, and W. Diepenbrock 2005: LEAFC3-N: a nitrogen-sensitive extension of the CO₂ and H₂O gas exchange model LEAFC3 parameterised and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecol. Model.* 183, 183-210.
- Wernecke, P., Müller, J., Diepenbrock, W. (2001): *Virtual Plants: Modelle zur Integration von Pflanzenarchitektur, Physiologie und genetischer Information*. In: *Functional genomics – Methodensprung für die Ertrags- und Stressphysiologie*. Workshop der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung 20.-21.06.2001 in Bonn, S. 1-11.

Modellierung der phänologischen Entwicklung von Winterraps

Karla Müller, Ulf Böttcher & Henning Kage*

Einleitung

Die Modellierung der phänologischen Entwicklung stellt eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Prognose des pflanzlichen Wachstums dar.

Die bisherigen phänologischen Modelle für Winterraps (Habekotté 1996) haben besonders in der Phase zwischen Aussaat und Blüte eine zu geringe zeitliche Auflösung, und beschreiben daher die Entwicklung während dieses Zeitraumes nur ungenügend. Gerade die Entwicklungsabschnitte vor der Blüte sind jedoch für die Stickstoffaufnahme der Pflanze von entscheidender Bedeutung. Um eine spätere Anwendung des Modells in die Praxis zu erleichtern, erscheint weiterhin die Einteilung der Entwicklung mittels der EC-Skalierung (Schütte *et al.* 1982) sinnvoll.

Material und Methoden

In Anlehnung an Habekotté (1996) wurde in der Modellumgebung ModelMaker3 (Cherwell Scientific) ein Phänologiemodell für Winterraps entwickelt. Die vier von Habekotté definierten Entwicklungsschritte mit ihren jeweiligen Entwicklungsraten wurden auf sechs erweitert, wobei die Ergänzungen zum Zeitpunkt der Rosettenausbildung erfolgten (EC >13 bis EC <30). Die Blattanlagerate wird hierbei aus dem Kehrwert des Phyllochrons und der Tagesmitteltemperatur geschätzt. Die berechnete Blattzahl dient dann direkt zur Bestimmung der EC-Stadien in diesem Entwicklungsabschnitt. Für die übrigen Entwicklungsabschnitte wurden EC-Stadien linear aus den Entwicklungsraten nach Habekotté berechnet.

Die Parameterwerte der Entwicklungsraten wurden von Habekotté übernommen. Für den Entwicklungsabschnitt des Rosettenstadiums wurde das Phyllochron aus Literaturdaten abgeleitet. Für die restlichen Entwicklungsstadien zwischen Auflaufen und Blüte wurde die Entwicklungsrate (Parameter aT2) mit eigenen (2003/2004) und mehrjährigen Versuchsdaten (SFB 192, Kiel) neu geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Das Phänologiemodell bildet die Messdaten gut ab. Durch die Beschreibung der EC-Stadien im Entwicklungsabschnitt des Rosettenstadiums durch die Blattanzahl und eine entsprechende Anpassung der zweiten Entwicklungsrate konnte eine deutlich verbesserte Übereinstimmung mit den Messdaten erzielt werden.

Die Neuheit des vorgestellten Entwicklungsmodells für Winterraps besteht zum einen in einer detaillierteren Einteilung des Entwicklungsabschnittes des Rosettenstadiums und zum anderen in der Ableitung der EC-Stadien aus den Entwicklungsraten. Auf dieser Grundlage lässt sich ein detailliertes Pflanzenwachstumsmodell für Winterraps aufbauen, das unter anderem auch die Prognose von Nährstoffaufnahme und Düngbedarf unterstützen könnte.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

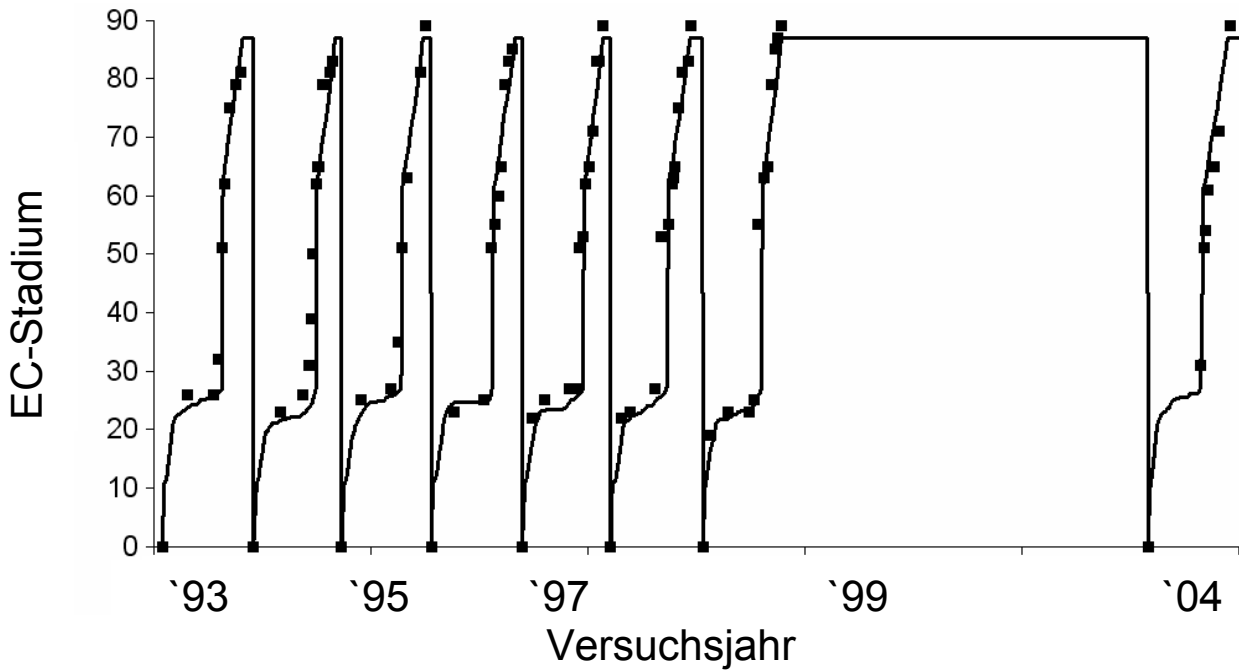


Abb. 1: Modellschätzung und Messdaten der EC Stadien von Winterraps im Verlauf mehrerer Versuchsjahre

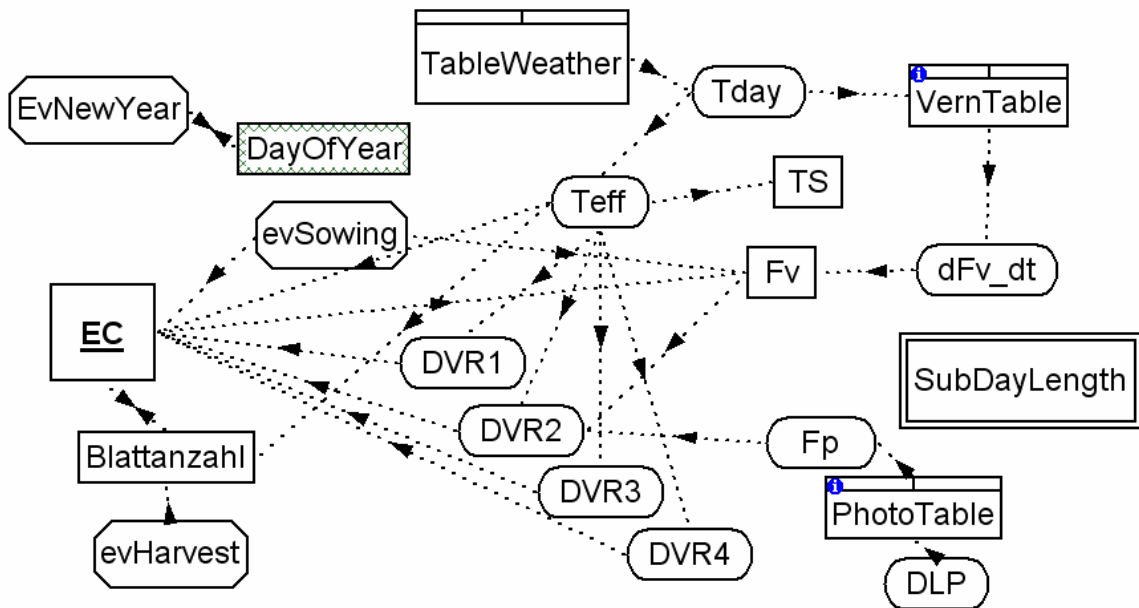


Abb. 2: Struktur des Phänologiemodells für Winterraps in ModelMaker3

Literatur

Habekotté, B., 1996. Winter oilseed rape, analysis of yield formation and crop type design for higher yield potential. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, 156 pp.
Schütte, F. et al., 1982. Entwicklungsstadien des Rapses. BBA Merkblatt 27 (7)

Reproduktionspotenzial von Durchwuchsrap

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Für Ausfallraps auf der Stoppel oder Durchwuchsrap in jungen Getreidebeständen bestehen mechanische oder chemische Bekämpfungsmöglichkeiten. Vielfach gilt blühender Durchwuchsrap deshalb in Getreidebeständen als Ausnahme. Gelangt Durchwuchsrap jedoch zur Blüte, könnten Pollen- und Samenproduktion zu Auskreuzungen und zum Aufbau einer eigenständigen Unkrautrapspopulation auf Ackerflächen führen. Dieses Szenario wäre vor allem dann problematisch, wenn sich gentechnisch veränderter Raps oder Sorten mit besonderen Inhaltsstoffen auf diese Weise reproduzieren und langfristig im Agrarökosystem etablieren könnten.

Mit gezielt angelegten Versuchen und empirischen Erhebungen auf Praxisflächen wurde geprüft, wann Durchwuchsrap zur Blüte kommt, welche Mortalitätsfaktoren vorliegen und wie viele Samen produziert werden. Anhand der Ergebnisse lässt sich abschätzen, ob und in welchem Umfang Auskreuzungen und der Aufbau einer stabilen Unkrautrapspopulation zu erwarten sind.

Material und Methoden

Die Auswertung beruht auf Daten zweier Ansätze. Der erste Ansatz erfolgte auf der Versuchstation Ihinger Hof mit gezielt angelegten Versuchen in den Jahren 2002 und 2003 (Schläge 1 und 2). Hierbei wurden Samen zweier Winterrapssorten [zur Zeit der ortsüblichen Rapsernte] als künstliche Ausfallverluste auf eine Fläche ausgestreut und deren weiterer Verbleib beobachtet (Gruber *et al.*, 2004). Direkt im Anschluss an den Sameneintrag erfolgte eine Stoppelbearbeitung mit einer Dyna-Drive (8 cm tief) und später im Herbst eine Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber (15 cm tief). Durchwuchspflanzen, die in der Folgefrucht Winterweizen blühten, wurden markiert und beobachtet. In diesem Versuch erfolgte keine Herbizid-anwendung. Im zweiten Ansatz wurde im Frühjahr 2004 auf Praxisflächen in Hohenheim (Schläge 3 und 4) in Wintergetreide blühender Durchwuchsrap markiert und bis zur Ernte der Getreidebestände beobachtet. Die Bodenbearbeitung im Anschluss an die Winterrapsernte zwei bzw. drei Jahre zuvor hatte aus Stoppelbearbeitung mit dem Rototiller 7 Tage nach der Ernte (8 cm tief) und Grubber (15 cm tief) im Oktober zur Grundbodenbearbeitung bestanden. Die Flächen unterlagen weiterhin praxisgemäßer Bodenbearbeitung und Bestandesführung, einschließlich des Einsatzes von Herbiziden. In beiden Ansätzen schloss sich an die Einzelernte der Durchwuchsrappspflanzen die Bestimmung der Anzahl überlebender Pflanzen, der Samenzahl je Pflanze und der Keimfähigkeit an.

Ergebnisse und Diskussion

Auf den Schlägen 1 (2002), 3 (2004) und 4 (2004) kam Durchwuchsrap in zeitlicher Überschneidung mit gesäten Rapsbeständen zur Blüte, während die Pflanzen auf Schlag 2 (2003) erst später blühten (Abb. 1). Ein vergleichbarer Versuch auf dem Ihinger Hof im Jahr 2004 führte nicht zu blühendem Durchwuchsrap. Auskreuzungen mit verwandten Wildarten konnten potenziell im Zeitraum Mai bis August erfolgen. Sowohl in Winterweizen als auch in Wintergerste mit kürzerer Wachstums-

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70599 Stuttgart
grubersf@uni-hohenheim.de

zeit produzierte der Durchwuchsraps an den geprüften Standorten Samen, deren Menge von 15 bis 320 keimfähigen Samen je Einzelpflanze variierte (Tab. 1).

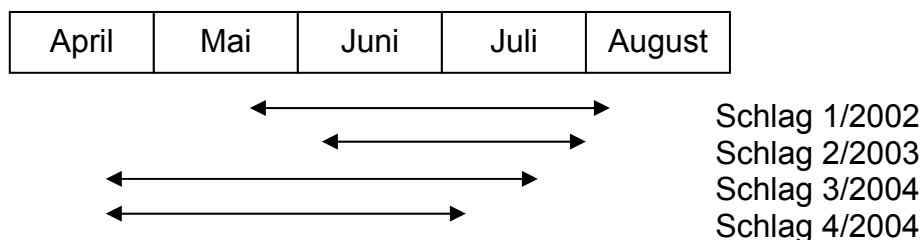


Abb. 1: Blühzeitraum von Durchwuchsraps in drei Versuchsjahren an den Standorten Ihinger Hof (Schläge 1 und 2, in Winterweizen) und Hohenheim (Schläge 3 und 4, in Winterweizen bzw. Wintergerste).

Tab. 1: Schlagvergangenheit, Wachstum und Samenproduktion von Durchwuchsraps in Wintergetreide (WW: Winterweizen; WG: Wintergerste)

Standort	Ihinger Hof		Hohenheim	
Schlag	1	2	3	4
Ernte Winterraps	2001	2002	2001	2002
Blüte Durchwuchsraps	2002, in WW	2003, in WW	2004, in WW	2004, in WG
Herbizide im Getreide	keine	keine	Stomp SC + IPU	Stomp SC + Cadou
Blüte Durchw., Pfl. m ⁻²	0,03 – 0,09 ¹⁾	0,32 – 1,01 ¹⁾	0,004	0,015
Keimfähigkeit	52 %	87 %	92 %	91 %
Keimfähige Samen/Pfl.	n.n.	15 – 21 ¹⁾	320	265
Keimfähige Samen m ⁻²	6,5 – 12,6 ¹⁾	1,6 – 7,5 ¹⁾	0,6	2,7

¹⁾ sortenabhängig

Bedingt durch unterschiedliche Pflanzendichte am jeweiligen Standort betrug die flächenbezogene Samenmenge zwischen 0,6 und 13 keimfähige Samen m⁻².

Begrenzende biotische Faktoren bei der Entwicklung von Durchwuchsraps waren Erdflöhe (*Phyllotreta* spp.), Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*), Mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) und Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae*), die vermutlich wegen des exponierten Wuchses der Pflanzen Schäden verursacht und die Reproduktion eingeschränkt hatten. Ein großer Verlustfaktor war Wildverbiss durch Feldhasen (*Lepus europaeus*), die bis zu 50 % der anfangs markierten Durchwuchspflanzen selektiv gefressen hatten.

Nach den vorliegenden Ergebnissen kann Durchwuchsraps in jungen Stadien einen Herbizideinsatz überleben, bis zur Ernte einer Getreidedeckfrucht blühen und sich über Auskreuzungen und Samen reproduzieren. Zahlreiche biotische Faktoren reduzieren das Reproduktionsvermögen und müssen in künftige Modellansätze mit einfließen. Zwar ist die produzierte Samenmenge gering, so dass eine eigenständige Unkrautrapspopulation auf Ackerflächen unwahrscheinlich ist; über Auskreuzungen mit angebautem Raps oder Wildpflanzen könnten allerdings unerwünschte Gene auf einer Fläche auch über einzelne Durchwuchspflanzen erhalten bleiben.

Literatur

Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W., 2004: Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *European Journal of Agronomy* **20**, 351–361.

Wachstums- und Ertragsmodellierung für das österreichische Grünland

Josef Eitzinger, Miroslav Trnka & Grzegorz Gruszczynski*

Einleitung

In einem mehrjährigen Projekt wurden mehrere Modelle und Modellansätze unterschiedlicher Komplexität (Indizes, statistische und dynamische Modelle) zur Modellierung des Wachstums und Ertrages von Grünland mit Schnittnutzung an österreichischen Standorten untersucht, insbesondere in Hinblick zur Abschätzung von Trockenschäden und der Eignung zur GIS-implementation. Verfügbare Modelleingangsparameter wurden an unterschiedlichen Standorten erhoben und Modelltestläufe bzw. Modelladaptionen vorgenommen. Es zeigte sich, dass bei komplexen Modellen derzeit eine gute Parametrisierung auf Schwierigkeiten stößt, da verfügbare Daten von verschiedenen Standorten noch nicht für genügend lange Zeitreihen vorliegen. Einfachere Modellansätze konnten aufgrund grösserer verfügbarer Datensätze gut kalibriert werden, und zeigten je nach Methode vergleichbar gute Ergebnisse an den untersuchten Standorten.

Material und Methoden

Die verschiedenen Methoden und Modelle wurden an 3 klimatisch unterschiedlichen Grünlandversuchsstandorten in Österreich mit unterschiedlichen Schnitt- und Düngungsvarianten und unter Nutzung mehrjähriger Witterungs- und Ertragsdaten des Institutes für getestet. Zusätzlich wurden für Modellkalibrierungen Bodenwassergehaltsmessungen über 3 Jahre durchgeführt.

Die einfachste verwendete Methode war der SPI (Standard Precipitation Index) Trockenheitsindex (McKee et al., 1993) und dessen Korrelation zum Grünlandertrag. Weiters wurde das FAO- Bodenwasserbilanzmodell nach Allen et al. (1998) für die österreichischen Grünlandstandorte adaptiert und daraus berechnete Wasserbilanzkomponenten als Ertragsprediktoren untersucht. Die empirisch-statistische Methode nach Han et al. (2003) wurde mit Bodenwasserbilanzkomponenten aus dem FAO-modell kombiniert (Modell T&E) und berücksichtigt schnittabhängig die Dauer der Wuchsperiode, die Globalstrahlung und die Stickstoffdüngung. Als dynamische Modelle wurden EPIC, MACROS und SWAP zur Berechnung der Grünlanderträge getestet bzw. adaptiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Korrelationen (R^2) der unterschiedlichen Indizes zum Grünlandtrockenmasseertrag bzw. zwischen gemessenem und simuliertem Bodenwassergehalt und Trockenmasseertrag der dynamischen Modelle wurden ermittelt.

Die Ertragsbeziehung des SPI Index und des Kennwertes „Trockentage“ aus dem FAO Modell ist nur in extrem trockenen Jahren sichtbar, aber schlecht quantifizierbar und standortabhängig. Die Ertragsbeziehung des Bodenwassergehaltes ist ebenfalls unbefriedigend quantifizierbar. Die Korrelation des SPI index lag an einem untersuchten Standort je nach Schnitt dennoch zwischen 0.5 und 0.59, bei den „Trockentagen“ bei 0.28.

* Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien, Österreich, josef.eitzinger@boku.ac.at

Die Simulation des täglichen Bodenwassergehaltes mit dem vereinfachten FAO Bodenwasserbilanzmodell verlief an den 3 Versuchsstandorten befriedigend mit einem R^2 zwischen 0.51 und 0.78. EPIC und SWAP zeigten eine meist gute Berechnung der täglichen Bodenwassergehalte, versagten jedoch bei der Bestimmung der Schnitterträge, da die Dynamik heterogener Pflanzenbestände nicht berücksichtigt wird. MACROS zeigte nach einer Adaption zur Berücksichtigung heterogener Pflanzenbestände unter Schnittnutzung bessere Korrelationen zum Trockenmasseschnittertrag als die beiden anderen Modelle, die Abweichungen sind aber noch unbefriedigend. Das getestete empirisch-statistische Modell T&E wies nach erfolgter Kalibrierung die weitaus besten quantitativen Ertragsbestimmungen an den verschiedenen Standorten auf (R^2 zwischen 0.7 und 0.78). Die Ergebnisse dieser Methode und deren GIS-implementation werden in zwei anderen Beiträgen näher vorgestellt. Bei der GIS-implementation besteht eine starke Abhängigkeit der Modellgüte von räumlich verfügbaren Daten und deren Qualität, sowie von der Güte der Interpolationsmethoden bei Witterungsparametern.

Die Kombination mehrerer Methoden in einem Entscheidungshilfesystem, kann aufgrund der unterschiedlich verfügbaren räumlichen Daten (und deren Qualität) ein für eine großräumige Anwendung ein flexibles Bewertungsmodell zur Abschätzung von Trockenschäden darstellen. Bei entsprechender flächendeckender Datenbasis für Witterungsdaten und einigen einfachen Bodendaten (Feldkapazität, Welkepunkt) u. Oberflächendaten (Hangneigung etc.) lassen sich Trockenschäden beim Grünlandertrag derzeit mit dem Modell T&E innerhalb eines Unsicherheitsbereiches von ca. 20 % quantifizieren. Es sind weitere Versuchsjahre an unterschiedlichen Standorten notwendig um die Genauigkeit zu verbessern bzw. um die dynamischen Modelle besser zu kalibrieren bzw. parametrisieren.

Literatur

- Allen, G.A., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998: 'Crop Evapotranspiration – guidelines for Computing Crop Water Requirements' FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Han, D., P. O'Kiely and Da-Wen Sun, 2003: Application of Water-stress Models to estimate the Herbage Dry Matter Yield of a Permanent Grassland Pasture Sward Regrowth. *Biosystems Engineering* 84 (1): 101-111.
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA.

Qualitätsverschlechterung frostgeschädigter Zuckerrüben bei der Lagerung

Christine Kenter & Christa Hoffmann*

Einleitung

Zuckerrüben werden bis zur Verarbeitung in der Fabrik häufig längere Zeit gelagert. Wenn Zuckerrüben einem Frostoreignis ausgesetzt sind und anschließend wieder auftauen, ändert sich die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe. Dieser Prozess setzt sich während der mehrwöchigen Lagerung fort. Durch mikrobielle Umsetzung wird die Gewebestruktur zerstört, der Saccharosegehalt geht zurück und unerwünschte Stoffe reichern sich in der Rübe an, so dass die Verarbeitungsqualität sich beträchtlich vermindert. Ziel der Untersuchungen war es herauszufinden, wie sich die Gehalte verschiedener qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe in der Rübe nach Frosteinwirkung in Abhängigkeit von der Lagerungstemperatur ändern. Dabei wurden neben Saccharose die Gehalte an Glucose, Fructose und Dextran untersucht. Die reduzierenden Zucker Glucose und Fructose stören die Zuckergewinnung als Alkalitätsminderer und Farbbildner, während Dextran, ein langkettiges Polyfruktan insbesondere die Filtration des Rohsaftes beeinträchtigt (van der Poel et al. 1998).

Material und Methoden

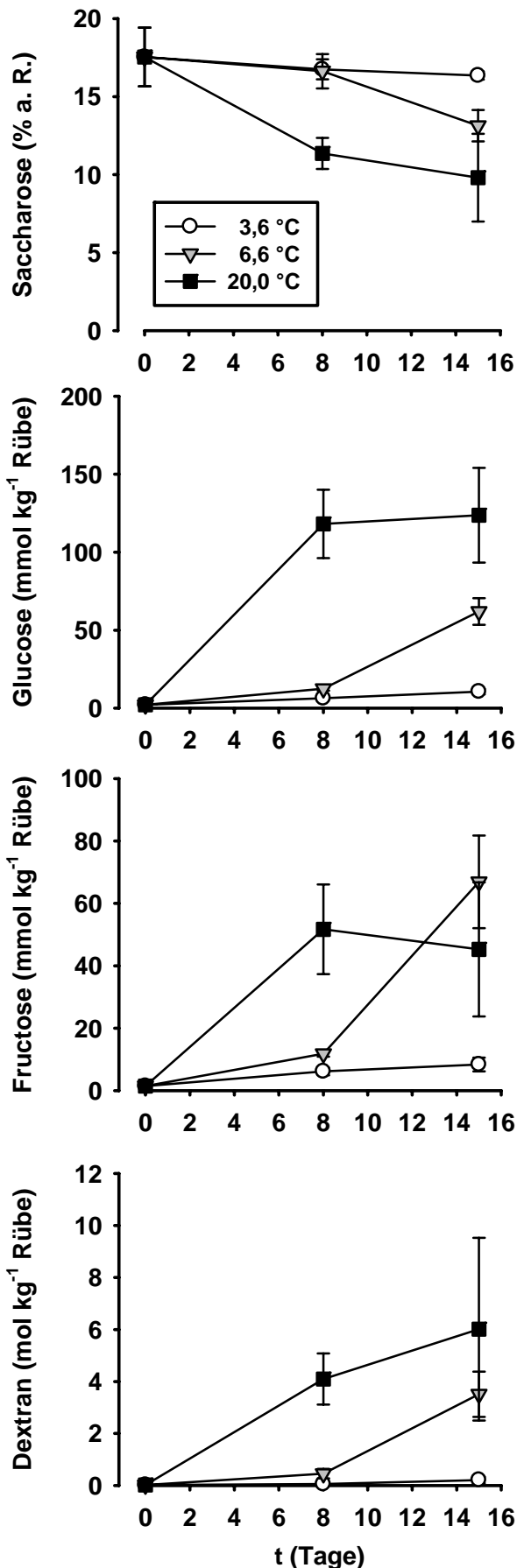
Die Zuckerrüben wurden auf einer Versuchsfläche in der Nähe von Göttingen angebaut und nach der Ernte (28.10.03) zunächst für 6 Tage bei -24 °C eingefroren, um eine Frosteinwirkung zu simulieren. Anschließend wurden jeweils 25 Rüben in luftdurchlässigen Säcken in sechsfacher Wiederholung bei drei Temperaturen (Außenlagerung: mittlere Lufttemperatur während der Lagerung $3,6\text{ °C}$; Lagerung im Gewächshaus: in Abhängigkeit von der Außentemperatur variierende Temperatur, im Mittel $6,6\text{ °C}$ sowie konstant 20 °C) aufgetaut und für 8 und 15 Tage gelagert. Referenzproben, d. h. nicht gelagerte Rüben und Lagerungsproben wurden vor der Qualitätsanalyse gewaschen und mit einer Rübensäge zu Brei verarbeitet. Nach Klärung mit Aluminiumsulfat (0,3 %) wurden die Gehalte an Saccharose, Glucose und Fructose mittels HPLC ermittelt (ICUMSA 2003). Dextran wurde an wässrigen Rübentreibfiltraten mit einem Schnelltest unter Verwendung monoklonaler Antikörper bestimmt (Midland MCA-Sucrotest™).

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigte sich, dass die Verarbeitungsqualität der Rüben mit zunehmender Lagerungsdauer und -temperatur deutlich schlechter wurde (Abb. 1). Der Gehalt an Saccharose ging bei allen drei Lagerungstemperaturen kontinuierlich zurück, während die Gehalte an Glucose und Fructose sowie der Dextrangehalt stark anstiegen.

Bei der Auslagerung nach 8 Tagen hatte sich insbesondere die Qualität der bei 20 °C gelagerten Rüben bereits sehr stark vermindert. Die Unterschiede zwischen den bei $3,6$ und $6,6\text{ °C}$ gelagerten Rüben bzw. ihre Veränderung gegenüber der Referenz waren zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise gering, vergrößerten sich im weiteren Verlauf jedoch erheblich.

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, D-37079 Göttingen



Der Rückgang im Saccharosegehalt kann auf Atmungsverluste der Rüben sowie mikrobiellen Abbau zurückgeführt werden. Da die Aktivität der Saccharose invertierenden Enzyme mit der Temperatur ansteigt, nahmen gleichzeitig die Gehalte an Glucose und Fructose mit steigender Temperatur zu.

Auch die Aktivität von *Leuconostoc mesenteroides*, das hauptsächlich für die Dextranbildung verantwortliche Bakterium, stieg mit der Temperatur an. Dextran war nach 8 Tagen Lagerung bei 6,6 °C nachweisbar. Bei 20 °C reicherte sich Dextran nach 8 Tagen auf 4 mol kg⁻¹, nach 15 Tagen auf 6 mol kg⁻¹ Rübe an.

Rüben, die einmal gefroren waren, müssen demnach sofort verarbeitet werden. Ihre Lagerfähigkeit ist stark eingeschränkt, insbesondere da es bereits bei niedriger Temperatur zur Bildung von Dextran kommt, das schon in geringen Konzentrationen zu erheblichen Produktionsstörungen in der Zuckerfabrik führt.

Literatur

- ICUMSA 2003: International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, *Methods Book*, Colney, Norwich.
 van der Poel, P.W., H. Schiweck und T. Schwartz 1998: *Sugar Technology*. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin.

Abb. 1: Qualitätsveränderungen frostgeschädigter Zuckerrüben in Abhängigkeit von Temperatur und Lagerungsdauer

Acrylamid-Bildungspotential verschiedener Getreidearten – Welche Rolle spielt die Sorte?

Albrecht Weber*, Simone Graeff*, Wilfried Hermann** & Wilhelm Claupein*

Einleitung

Als Hauptentstehungsweg der für den Menschen als wahrscheinlich karzinogen eingestuften Substanz Acrylamid (IARC 1994) in stark erhitzten kohlenhydratreichen Lebensmitteln wird die Reaktion von freiem Asparagin mit Carbonylverbindungen (v.a. reduzierende Zucker) während bzw. im Umfeld der Maillardreaktion angesehen (Mottram 2002). Versuche mit Modellmehlen weisen darauf hin, dass bei Backwaren der Gehalt an freiem Asparagin den limitierenden Faktor für die Acrylamid-Bildung darstellt (Weißhaar 2004). Bisher fehlen bei Getreide spezielle Untersuchungen zum Einfluss der Arten und Sorten auf die Gehalte an freiem Asparagin und das Acrylamid-Bildungspotential im Mehl. In einem zweijährigen Feldversuch wurden 16 Winterweizen-, zwei Winterdinkel- und zwei Winterroggensorten, die in Baden-Württemberg Anbaubedeutung besitzen bzw. sich für den dortigen Anbau eignen, im Hinblick auf die Gehalte an freiem Asparagin und das Acrylamid-Bildungspotential geprüft. Die Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr werden hier vorgestellt.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø 8,1°C, Ø 693 mm), wurde in den Vegetationsperioden 2003-2005 ein Arten-/Sortenversuch (Blockanlage bei Winterweizen bzw. vollständig randomisierte Anlage bei Winterdinkel und Roggen, 3 Wiederholungen) mit 16 Winterweizen- (Qualitätsstufen E, A, B, K), zwei Winterdinkel- und zwei Winterroggensorten durchgeführt. Die N-Düngung (KAS) erfolgte in Höhe und Verteilung der N-Gaben entsprechend dem jeweils beabsichtigten Produktionsziel und variierte zwischen 140-200 kg N ha⁻¹. Die Aminosäurebestimmung im Mehl (Typ 550) wurde mittels HPLC durchgeführt. Das Acrylamid-Bildungspotential wurde von der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Karlsruhe (BFEL) mittels GC-MSD bestimmt. Hierzu wurden aus Mehlproben die Acrylamid-Vorstufen extrahiert. Der Extrakt wurde anschließend in den GC injiziert. Das durch die Verdampfung des Extrakts im Injektor spontan entstandene Acrylamid wurde quantitativ erfasst und diente so als Größe zur Erfassung der Acrylamid-Bildungspotentiale verschiedener Arten und Sorten.

Ergebnisse und Diskussion

Die bisher einjährigen Ergebnisse deuten auf eine hohe Variabilität des Acrylamid-Bildungspotentials in Abhängigkeit von der Getreideart und -sorte hin. Im Mittel über die geprüften Sorten wies Winterdinkel tendenziell das geringste Acrylamid-Bildungspotential auf, gefolgt von Winterweizen und Winterroggen (Abb. 1). Bei den geprüften Winterweizensorten fielen innerhalb der Weizenqualitätsstufen E- (Eliteweizen), A- (Aufmischweizen) und B- (Brotweizen) einzelne Sorten auf, die sich durch ihr niedriges Acrylamid-Bildungspotential signifikant von den anderen Sorten

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Ihinger Hof, 71272 Renningen

unterschieden. Zwischen den zwei geprüften Winterdinkel- bzw. Winterroggensorten waren hingegen keine Unterschiede im Acrylamid-Bildungspotential zu erkennen. Über alle geprüften Getreidearten und -sorten hinweg korrelierte der Asparagin-Gehalt im Mehl mit dem Acrylamid-Bildungspotential mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,61$ bzw. $R^2=0,84$ bei Nichtberücksichtigung der Winterweizensorte Ökostar, die aus bisher unerklärlichen Gründen trotz eines sehr hohen Asparagin-Gehaltes nur ein mittleres Acrylamid-Bildungspotential aufwies. Diese Korrelation deutet auf eine entscheidende Rolle des Asparagin-Gehaltes im Mehl für das Acrylamid-Bildungspotential hin.

Aus diesen einjährigen Ergebnissen lässt sich die These ableiten, dass es möglich sein könnte, bei der Anbauplanung durch Auswahl von Sorten mit geringen Gehalten an freiem Asparagin und somit einem geringen Acrylamid-Bildungspotential einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung von Acrylamid in Getreideprodukten liefern zu können. Dies muss allerdings in weiterführenden Untersuchungen unter Berücksichtigung der Ergebnisse des zweiten Versuchsjahres validiert werden.

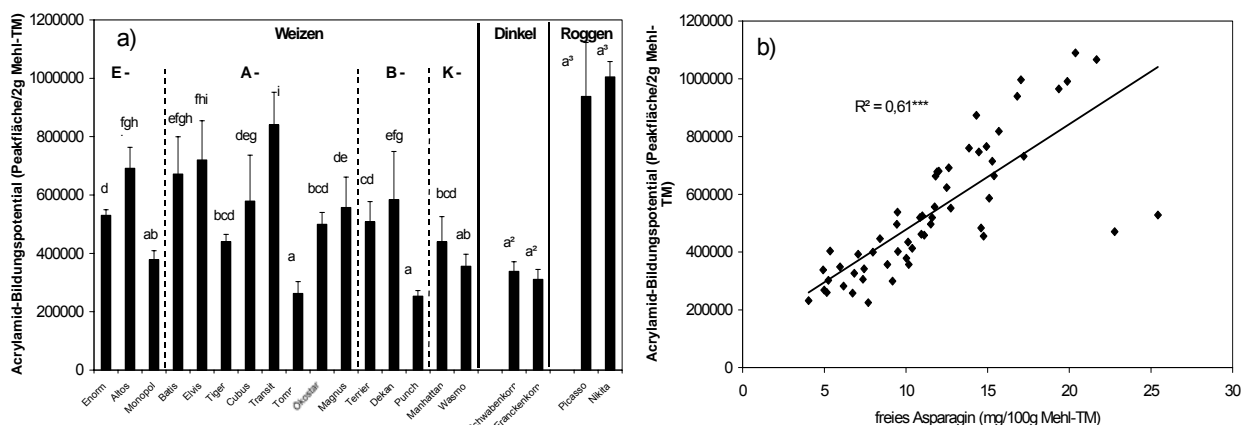


Abb. 1: a) Acrylamid-Bildungspotential (Area/2g Mehl-TM) verschiedener Winterweizen-, Winterdinkel- und Winterroggensorten. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha = 0,05$; t-Test). Fehlerbalken = Standardabweichung. b) Korrelation zwischen dem Gehalt an freiem Asparagin (mg/100g Mehl-TM) und dem Acrylamid-Bildungspotential bei den geprüften Winterweizen-, Winterdinkel- und Winterroggensorten (Area/2g Mehl-TM) ($n=45$, $p < 0,0001$).

Literatur

- IARC. Acrylamide. In: Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risk to Humans: Some Industrial Chemicals; International Agency for Research on Cancer; Lyon, France, 1994; Vol. 60, pp 389-433.
- Mottram, D., Wedzicha, B., Dodson, A., 2002: Acrylamide is formed in the maillard reaction. Nature 419: 448.
- Weißhaar, R.: Acrylamid in Backwaren – Ergebnisse von Modellversuchen. Deutsche Lebensmittelrundscha. 100. Jahrgang, Heft 3, 2004.

Einfluss von Genotyp und Umwelt auf den Gehalt sekundärer Pflanzenstoffe bei Sommergerste

Heinrich Grausgruber*, Susanne Siebenhandl**, Ingrid Weinzettl*,
Peter Ruckenbauer* & Emmerich Berghofer**

Einleitung

Im Gegensatz zu Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße, Vitamine und Mineralstoffe galten sekundäre Pflanzenstoffe für die menschliche Ernährung lange Zeit als unbedeutend. Erst in letzter Zeit erkannte man die Bedeutung dieser Stoffe, die in Pflanzen nur in sehr geringen Mengen vorkommen. Positive Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen sind nachgewiesen und vielfältig, z.B. antikanzerogen, antioxidativ, immunmodulierend (Watzl & Leitzmann 1995). Von Pflanzen werden sekundäre Pflanzenstoffe wie Polyphenole v.a. als Schutz- oder Abwehrstoffe gegen biotische und abiotische Stressfaktoren gebildet (Strack 1997).

Material und Methoden

Ein Set von 24 Sommergerstensorten aus verschiedenen Züchtungsperioden wird seit 2003 in konventionell und biologisch bewirtschafteten Versuchen auf Ertrags- und Qualitätseigenschaften geprüft. An Hand der beiden ersten Versuchsjahre wurde der Einfluss von sowohl Wasserstress als auch Produktionssystem auf den Polyphenolgehalt (Folin-Ciocalteu Reagenz, UV-VIS-Spektralphotometer) und das antioxidative Potential ($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ Reduzierung, UV-VIS-Spektralphotometer) bestimmt. Die Varianzanalysen, faktoriellen Regressionsanalysen und sonstigen statistischen Auswertungen erfolgten mit SAS (Release 8.02).

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse offenbarte signifikante Haupteffekte und Wechselwirkungen. Wurden die einzelnen Züchtungsperioden (Landsorten, vor 1910; Reselektionen bzw. Kreuzungen in Landsorten, 1911-1950; Kombinationkreuzungen I, 1951-1975; Kombinationskreuzungen II, 1976-2000) betrachtet, so konnte kein signifikanter Effekt festgestellt werden, d.h. hinsichtlich Polyphenolgehalt und antioxidativem Potential besteht kein Unterschied zwischen alten Landsorten, alten und modernen Hochzuchtsorten. In allen Kategorien existieren Genotypen mit hohen und niedrigen Gehalten. Mittels Bi-plot Analyse lassen sich die 24 Genotypen in 5 Gruppen mit ähnlicher Reaktion auf die verschiedenen Umweltbedingungen einteilen. In Abb. 1 sind die mittleren Polyphenolgehalte der 5 Gruppen dargestellt. Es ist deutlich ersichtlich, dass v.a. ein starker Jahreseinfluss gegeben ist. Der Einfluss des Produktionssystems ist v.a. von den Niederschlägen abhängig: im trockenen Jahr 2003 sind deutlich höhere Gehalte (Polyphenole und antioxidatives Potential) im biologisch produzierten Erntegut festgestellt worden, während dieser Unterschied im feuchteren Jahr 2004 nicht signifikant war. Werden Klimadaten des Zeitraums Ährenschieben bis Totreife (Abb. 2) in einem faktoriellen Regressionsmodell berücksichtigt, ergibt sich sowohl für den Polyphenolgehalt als auch für das antioxidative Potential ein signifikanter Einfluss des Niederschlags Mitte Milchreife–Totreife (Zadoks 75-94), sowie

* Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel Str. 33, 1180 Wien

** Department für Lebensmittelwissenschaften und Lebensmitteltechnologie, Universität für Bodenkultur, Muthgasse 18, 1190 Wien

ein schwächerer Einfluss des Niederschlags Kornansatz-frühe Milchreife (69-73). Es kann somit festgehalten werden, dass biologische Produktion nicht generell den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen erhöht, sondern v.a. dann wenn die Umweltbedingungen suboptimal sind z.B. bei Wasserstress. Eine Erhöhung der Phenolgehalte bei Wasserstress wurde u.a. auch bei Tee, Olive und Weissdorn nachgewiesen. Für die Produktion von Erntegut mit möglichst hohen Gehalten an Polyphenolen bzw. antioxidativen Potential ist somit neben der Sorte v.a. das Produktionsgebiet (trockene Abreife) und nur bedingt das Produktionssystem entscheidend.

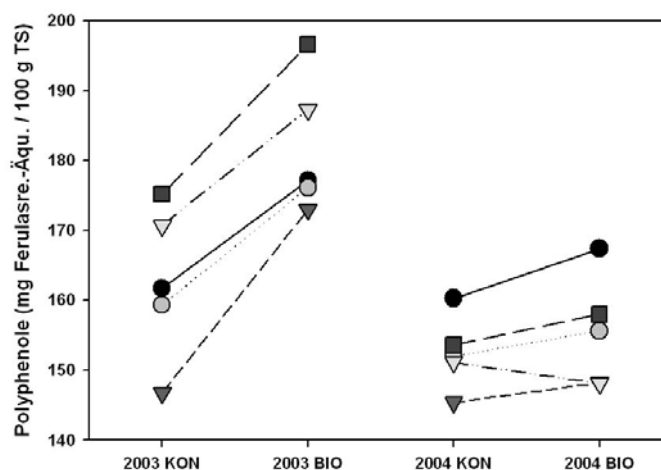


Abb. 1: Polyphenolgehalte von Sommergerste (5 Sortengruppen, N=24) in den Jahren 2003 und 2004 bei konventioneller und biologischer Bewirtschaftung.

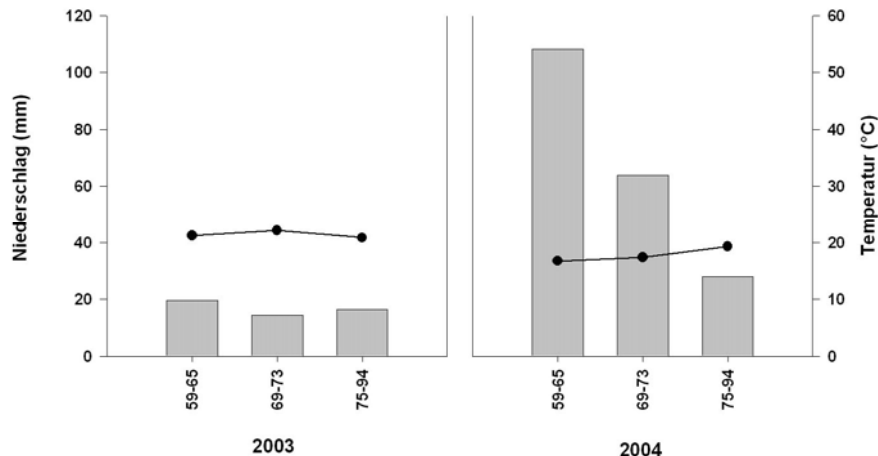


Abb. 2: Niederschlagsmengen und mittlere Tagestemperatur in den Jahren 2003 und 2004 für die Zeiträume Ährenschieben-Blüte (59-65), Kornansatz-frühe Milchreife (69-73) und mittlere Milchreife-Totreife (75-94).

Literatur

Watzl, B.; C. Leitzmann, 1995. Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Hippokrates Verlag, Stuttgart.
 Strack, D., 1997. Phenolic metabolism. In: Dey, P.M.; J.B. Harborne (Eds.), Plant Biochemistry, pp. 387-416. Academic Press, San Diego.

Wir danken der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien (Projekt H-1038/2004) für die finanzielle Unterstützung.

Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln

Britta Kowalski¹, Felipe Jimenez Terry², Daniel Agramonte Peñalver²,
Christoph Unger¹ & Detloff Köppen¹

Einleitung

Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) und die Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*) verursachen hohe Verluste unter gemäßigten bzw. subtropischen Klimabedingungen (Cassells und Kowalski 1998). Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Prüfung der Erfolgsaussichten des Einsatzes von Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren zur Gesunderhaltung von Kartoffelbeständen und zur Ertragsstabilisierung wurde der Effekt von löslichem Chitosan und Präparaten aus Pflanzenextrakten auf Ertragsmerkmale und Krankheitsbefall analysiert.

Material und Methoden

Blattbehandlungen wurden durchgeführt mit löslichem Chitosan (ChitoPlant), den auf Pflanzenextrakten basierenden Präparaten Kendal und FungEnd, sowie Megafol (pflanzliches aminosäurereiches Hydrolyseprodukt).

In einem Gefäßversuch wurden Peroxidaseaktivität (POX), Phenolgehalt und Proteingehalt nach dreimaliger Blattbehandlung ermittelt und mit der unbehandelten Kontrolle verglichen. Anschließend erfolgte die künstliche Infektion mit Zoosporen von *Phytophthora infestans* mit nachfolgender Bewertung des Krautfäulebefalls.

In den Jahren 2003 - 2005 wurden Parzellenversuche unter gemäßigten (Rostock) und subtropischen (Remedios, Kuba) Klimabedingungen durchgeführt. In Rostock wurde der Befall mit Krautfäule (*Phytophthora infestans*, in Remedios der Befall mit Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Beeinflussung von physiologischen Parametern variierte in Abhängigkeit vom Präparat, lösliches Chitosan verringerte die POX-Aktivität als Merkmal für oxidativen Streß im Vergleich zur Kontrolle signifikant. Kendal bewirkte eine signifikante Erhöhung des Gesamtproteingehaltes und zeigte damit Elicitor-Aktivität. Der Gehalt an Phenolen wurde durch die Blattbehandlungen nicht beeinflusst.

Kendal, Megafol, und lösliches Chitosan verzögerten den Verlauf der Krautfäuleinfektion im Gewächshaus (Tab. 1).

Die Wirkung der Pflanzenstärkungsmittel auf den Ertrag variierte in Abhängigkeit von Standort und Jahr, die Ursachen dafür können im starken Klimaeinfluß liegen (Schliephake und Trautz 2001). Die Wirkung der einzelnen Präparate auf die Pflanzengesundheit hing von den Standortbedingungen ab (Tab. 2, 3). Blattbehandlung mit löslichem Chitosan führte zu keiner Verbesserung der Pflanzengesundheit. Während Megafol und FungEnd gegenüber *Phytophthora infestans* in Rostock 2004 keine Wirksamkeit zeigten, wurde für Megafol in Remedios 2003 und 2004 ein verringerter Befall mit *Alternaria solani* beobachtet; die Wirkung von FungEnd war in beiden Versuchsjahren vergleichbar mit der chemischen Kontrolle. Kendal verzögerte die Befallsentwicklung bei Krautfäule sowohl unter

¹ Institut für Landnutzung, Universität Rostock, Justus- von Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

² Instituto de Biotecnología de las Plantas, Carretera Camajuaní 3.5, Santa Clara, Villa Clara

gemäßigten als auch Dürffleckenkrankheit unter subtropischen Klimabedingungen, der Effekt war im Versuchsjahr 2005 nicht signifikant.

Tab. 1: Physiologische Parameter nach Behandlung mit Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren in % zur unbehandelten Kontrolle sowie Wirkung auf den Infektionsverlauf nach künstlicher Infektion mit *Phytophthora infestans* im Gewächshaus.

Behandlung	Phenole	Protein- gehalt	POX- Aktivität	Krautfäule Blattbefall in % Boni- tur			
				1	2	3	4
Unbehandelte Kontrolle	100,0 a	100,0 a	100,0 a	39,6 a	60,8 a	81,1 a	87,0 a
Lösliches Chitosan	61,8 a	119,6 a	52,3 c	11,9 b	34,4 b	62,8 b	65,6 b
Kendal	175,4 a	264,0 b	83,5 a	10,0b	53,1 a	59,3 b	73,8 a
Megafof	85,4 a	125,0 a	84,3 a	10,0 b	56,2 a	78,1 a	83,1 a

Tab. 2: Einfluss der Blattbehandlung mit Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren auf den Ertrag sowie auf den Befall mit Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im Parzellenversuch in Rostock

Blattbehandlung	Ertrag g/Pflanze		Krautfäulebefall in %	
	2003	2004	2003*	2004 **
Lösliches Chitosan	847,1 a	726,0 a	61,5 a	42,8 a
Kendal	817,7 a	920,6 b	56,6 b	24,4 b
Megafof	-	755,5 a	-	44,3 a
FungEnd	-	740,6 a	-	59,7 a
Unbehandelte Kontrolle	840,8 a	721,9 a	64,3 a	43,4 a
Akrobat/Shirlan	-	953,5 c	-	14,5 c

* Mittelwert über 4 Bonituren, **Mittelwert über 3 Bonituren

Tab. 3: Einfluss der Blattbehandlung auf den Ertrag sowie auf den Befall mit Dürffleckenkrankheit (*Alternaria solani*) in Remedios, Santa Clara, Kuba

Blattbehandlung	Ertrag g/Pflanze			Dürffleckenbefall in %*		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Lösliches Chitosan	640,0 b	236,8 a	388,0 c	39,0 a	54,0 a	45,0 a
Kendal	430,0 ab	321,2 a	365,0 b	28,6 b	45,0 b	44,5 ab
Megafof	313,3 a	383,0 b	370,8 b	30,6 b	47,0 b	45,0 a
FungEnd	-	246,0 ab	367,2 b	-	19,2 c	40,0 b
Unbehandelte Kontrolle	346,7 a	222,0 a	356,0 a	34,0 a	60,5 a	47,8 a
Ridomil	310,0 a	230,9 a	369,5 b	35,6 a	19,8 c	39,5 b

* Mittelwert über 2 Bonituren

Literatur

- Cassells, A.C., Kowalski, B. 1998: Strategies for the evaluation of variation as a source of resistance to Early and Late Blight of potato. In: Comprehensive potato biotechnology. Khurana, S.M.P., Chandra R., Upadhyya M.D. (eds.), Malhotra Publishing House, 49 – 64
- Schliephake U., Trautz D. 2001: Einsatz verschiedener Mittel zur Phytophthoraprophylaxe in Kartoffeln. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 13: 84-85

Untersuchungen zum Befall von Ährenfusariosen an internationalen Weizensorten im Kosovo

Vitore Shala-Mayrhofer¹, M. Lemmens², S. Salihu³ & H.-P. Kaul¹

Einleitung

Im Kosovo werden jährlich ungefähr 80.000 - 100.000 ha Winterweizen angebaut. Das Saatgut für den Anbau wird größtenteils von den Nachbarnländern importiert. Bis heute sind noch keine Sorten für die Vermehrung im Kosovo vorhanden. Der durchschnittliche Weizenertrag von 2.500 - 3.000 kg ha⁻¹ sichert nicht den Bedarf im Kosovo. Daher wird Weizen für den Konsum importiert. Aus diesem Grund es ist wichtig, geeignete Weizensorten für das Anbaugebiet Kosovo zu selektieren, um den Ertrag zu erhöhen sowie die Qualität zu verbessern. Neben den Parametern Qualität und Ertrag stellen Pilzkrankheiten einen zentralen Problembereich dar. Das Ziel dieser Arbeit war es, den Befall der Sorten mit *Fusarium* spp. zu untersuchen, um Aussagen über die Anfälligkeit treffen zu können.

Material und Methoden

77 internationale Weizensorten wurden in Prishtina und 49 Genotypen in Shkabaj 2 km von Prishtina, in einer Blockanlage mit 3 Wiederholungen angebaut. Die Parzellengröße betrug 5 m² (1.5 m x 3,33 m; 15 cm Reihenabstand). In Tab. 1 sind die Herkunft der Sorten sowie der Anzahl der untersuchten Genotypen angegeben. Gedüngt wurde vor dem Säen nach dem praxisüblichen Standard im Kosovo mit Düngungsmengen von 60 kg N ha⁻¹, 60 kg P ha⁻¹ und 60 kg K ha⁻¹ (NPK 15:15:15) und im Frühling (20. März) mit 60 kg N ha⁻¹ (NAC 27 % N).

Tab. 1: Herkunft und Anzahl (n) der in Kosovo angebauten Weizen-Genotypen.

Herkunft (Land)	n	Herkunft (Land)	n
Mexico ¹	10	Tschechien	4
USA	10	Rep. Mazedonien	4
Österreich	9	Türkei	4
Ukraine	9	Jugoslawien	4
Bulgarien	7	Russland	2
Rumänien	7	Syrien	1
Ungarn	6		

¹ Genotypen kommen aus dem Programm CIMMYT / ICARDA

Untersucht wurden die Körner vom Winterweizen aus dem Erntegut 2000 und 2002 hinsichtlich des Befalls mit *Fusarium* spp. Dabei wurden die Befallshäufigkeit sowie die Artenzusammensetzung von *Fusarium* spp. an den Weizenkörnern bestimmt (NIRENBERG, 1981).

¹ Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² Department Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie, Abteilung Biotechnologie in der Pflanzenproduktion, Konrad Lorenz Straße 20, A-3430 Tulln

³ Universität Prishtina, Fakultät für Bodenkultur, Bill Clinton Blvd., 38 000 Prishtina, Kosovo.

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl bei einer visuellen Bonitur der Ährenfusariose am Feld keine Befall festzustellen war, konnte durch die Laboruntersuchungen die Häufigkeit des Befalls im Erntegut des Winterweizens sowie die Zusammensetzung der *Fusarium*-Arten festgestellt werden. Der Gesamtbefall im Jahr 2000 ergab einen Mittelwert von nur 4,6 % und um nur 2,2 % höher im Jahr 2002 mit 6,8 %. Nur bei einzelnen Sorten konnte ein deutlich höherer Befall festgestellt werden: Z. B. lag im Jahre 2000 der Befall für die Sorte Bezostaya 1 bei 34 %, für TX96V2847 bei 25 %, für Mv. Tamara bei 23 % und für Mv. Magvas bei 20 % (Abb. 1). Folgende *Fusarium*-Arten konnten in diesem Jahr festgestellt werden: *F. subglutinans*, *F. poae*, *F. solani* sowie nicht näher bestimmte *Fusarium* spp.. Im Jahre 2002 zeigten die Genotypen SN64//SKE/2*ANE/3/SX/4/BEZ/5/SERI mit 17,3 %, NEMURA//BUC/BJU mit 15,3 %, GK. Pinka mit 12,7 % sowie Mv. Tamara mit 11,3 % den höchsten Befall. Am häufigsten traten in diesem Jahr *F. poae*, *F. chlamyosporum* und *F. oxysporum* auf. Ein deutlich höherer Befall des Korngutes lag in beiden Jahren mit rund 41 % durch *Alternaria* spp. vor.

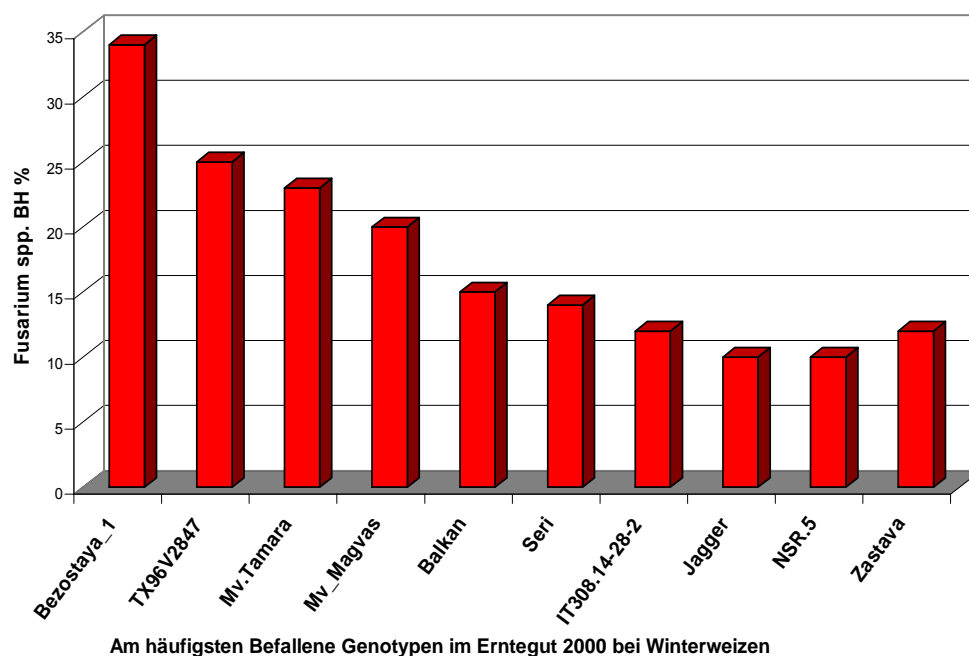


Abb. 1: Befallshäufigkeit mit *Fusarium* spp. im Erntegut von Winterweizen eines internationalen Sortiments in Prishtina, Kosovo, aus dem Jahre 2000.

Zusammengefasst ergaben die Versuche einen allgemein geringeren Befall mit *Fusarium* spp. bei deutlichen Unterschieden zwischen den Sorten, die aber keinen Einfluss auf dem Ertrag und die Qualität zeigten. Niedrige Erträge bei manchen Sorten waren das Resultat der Witterungsbedingungen in den Jahren 1999/2000 und 2001/2002 (SALIHU 2005). Die Versuche werden fortgesetzt.

Literatur

- NIRENBERG, H. (1981): A simplified method for identifying *Fusarium* spp. occurring on wheat. Canadian Journal of Botany 59, 1599-1609.
- SALIHU, S. (2005): Evaluation of agronomic and quality traits of international winter wheat genotypes grown under Kosovan conditions. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien.

Korrelative Beziehungen zwischen dem Kornertrag und den wichtigen agronomischen Eigenschaften beim Hybridreis (*Oryza sativa* L.)

Rahim Honarnejad*, M. Ghodsi** & M. Allahgholipoor**

Einleitung

In der Pflanzenzüchtung sind Korrelationen zwischen den Eigenschaften für eine effektive Selektion von aussichtreichen Linien von großer Bedeutung. Bei der Erzeugung einer Sorte werden viele Eigenschaften, die in der Regel miteinander korrelieren, in Betracht gezogen (Rezai, 1994). Die Selektion von Linien auf Basis der Ertragskomponenten ist seit geraumer Zeit in der Pflanzenzüchtung relevant. Dies ist eine Art Indexselektion und beruht auf der Korrelationen zwischen den morphologischen Merkmalen untereinander und dem Kornertrag (Falconer, 1989). Zahlreiche Untersuchungen sind über die Korrelationen zwischen den Eigenschaften der Reissorten durchgeführt. Mirza et al. (1992) stellten zwischen dem Kornertrag und 1000-Korngewicht, sowie der Anzahl der vollen Körner pro Rispe, positive Korrelationen fest. Sie schlugen die Rispenlänge, die Anzahl der vollen Körner pro Rispe und die Anzahl der Ährchen pro Rispe als geeigneter Selektionsindex vor. Momeni et al. (1996) untersuchten die Korrelationen zwischen den Merkmalen der Reisgenotypen und fanden, dass der Kornertrag pro Pflanze positive und signifikante Korrelationen mit der Anzahl der Ährchen pro Pflanze sowie der Anzahl der vollen Körner pro Rispe und negative und signifikante Korrelationen mit der Anzahl der leeren Körner pro Rispe ausweisen. Die Path-Analyse der untersuchten Sorten und Hybriden zeigten den direkten Einfluss der Anzahl der Bestockungen und der Anzahl der Körner sowie 1000-Korngewicht auf den Kornertrag. Deshalb können diese Eigenschaften als brauchbarer Index für die Selektion der ertragsreichen Linien genutzt werden.

Material und Methoden

Diese Untersuchungen wurden im Jahr 2001 im Versuchsfeld des Iranischen Institutes für Reisforschung in Rasht, Iran durchgeführt. Das Pflanzenmaterial bestand aus 63 Reislinien und -sorten. Aufgrund der vielen Anzahl der Genotypen wurde für den Feldversuch das sog. „Augmented-Design“ gewählt. Bei diesem Versuch wurden 3 Hybride, 4 internationale Linien und eine einheimische Sorte (Khazar) als wiederholte Variante (Standard) in Blockanlage und die restlichen Genotypen als unwiederholte Varianten angebaut. Die Varianten wurden innerhalb der Blöcke zufällig verteilt. Jeder Block beinhaltete 22 Teilstücke. Die Größe jedes Teilstückes betrug 7 m², wovon 5 m² geerntet wurden.

Die untersuchten Merkmale waren: Kornertrag (t/ha), Anzahl der Rispen pro Pflanze, Anzahl der vollen bzw. leeren Körnern pro Rispe, 100-Korngewicht (g), Länge der Rispe (cm), Länge (cm) und Fläche des Fahnenblattes (cm), Relation der Länge zur Breite des Fahnenblattes, Pflanzenhöhe (cm), Tage bis 50% des Blühens, Tage bis Vollreife der Körner, Relation der Länge zur Breite des Kornes.

Alle Messungen wurden an 10 Pflanzen pro Teilstück durchgeführt. Die statistischen Analysen wurden mit Programmen MSTATC (Varianzanalyse), SPSS (Stufenweise Regression) und MATLAB (Path-Analyse) durchgeführt.

* Professor, College of Agriculture, University of Guilan, P.O.Box 3179, Rasht, Iran.

** Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran.

Ergebnisse und Diskussion

Die statistischen Auswertungen der Daten zeigten signifikanten Differenzen zwischen den Genotypen hinsichtlich der untersuchten Merkmale. Der Kornertrag von allen Hybridevarianten war signifikant höher als der Standardsorte (Khazar mit 4,8 t/ha). Die Hybrisorten IR69688H mit 7.388 t/ha und IR77254H mit 5,004 t/ha hatten den höchsten bzw. niedrigsten Kornertrag.

Die einfachen Korrelationskoeffizienten zwischen den quantitativen Eigenschaften zeigten, dass der Kornertrag kg / ha mit den Merkmalen: die Anzahl der vollen Körner pro Rispe ($r = 0,801^{**}$); die Anzahl der Rispe pro Pflanze ($r = 0,768^{**}$), die Fläche des Fahnenblattes ($r = 0,598^{**}$), das 100-Korngewicht ($r = 0,369^*$), das Rispengewicht ($r = 0,390^*$) und die Breite des Kornes ($r = 0,438^*$) positiv korreliert sind.

Die Path-Analyse, die zur Zerlegung von phänotypischen Korrelationen in direkte und indirekte Einflüsse durchgeführt wurde, ergab folgende Ergebnisse:

Die Merkmale, wie die Anzahl der Rispen pro Pflanze ($p = 0,596$) und die Anzahl der vollen Körner pro Pflanze ($p = 0,562$), haben einen wesentlichen, direkten Einfluss auf den Kornertrag (t/ha). Damit ist anzunehmen, dass die Anzahl der Rispen und die vollen Körner pro Pflanze wichtige Ertragskomponenten sind, womit der Kornertrag des Hybridreises gesteigert werden kann. Diese Merkmale können etwa 87% der Ertragsschwankungen der Reissorten erklären.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen von Gupta et al. (1999) überein.

Ebenfalls hat die Breite des Fahnenblattes ($p = 0,542$) und das Rispengewicht ($p = 0,377$) relativ großen Einfluss auf die Anzahl der vollen Körner pro Rispe ($R^2 = 0,629$).

Da neben des direkten Einflusses des Rispengewichtes auf die Anzahl der vollen Körner pro Rispe, ein indirekter Einfluss des Rispengewichtes ($p = 0,255$) über die Breite des Fahnenblattes auf die Anzahl der vollen Körner pro Rispe festzustellen ist, kann man annehmen, dass die Breite des Fahnenblattes eine wesentliche Rolle bei der Anzahl der vollen Körner pro Rispe spielt. Diese beiden Merkmale können etwa 63% der Schwankungen der Anzahl der vollen Körner pro Rispe der Reissorten erklären.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Merkmale, wie die Anzahl der vollen Körner pro Rispe und die Anzahl der Rispen pro Pflanze, die Breite des Fahnenblattes, 100-Korngewicht sowie das Rispengewicht, bei der Selektion der ertragsreichen Linien des Hybridreises als günstiger Selektionsindex genutzt werden können.

Literatur

- Allahgholipoor, M. 1997: Untersuchung der Korrelationen zwischen den wichtigen pflanzenbaulichen Merkmalen beim Reis durch Path-Analyse. Diplomarbeit, landwirtschaftliche Fakultät der Universität Teheran (persisch).
- Gupta, K.R., D.V.S. Panvar and R. Kumar. 1999: Character association in segregating population in basmati rice. *Oryza* 36: 1. 16-19.
- Momeni, A, A. Zahli und P. Vegdani. 1996: Untersuchung der Korrelationen und Path-Analyse für agronomisch wichtigen Eigenschaften in Reissorten und -hybriden. 4. Kongress der Iranischen Gesellschaft für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Isfahan, Iran (persisch).

Ertrag und Qualität von Winterweizen und Sommergerste in der Westtürkei. Vergleichsuntersuchungen deutscher und türkischer Sorten

O. Ereku¹⁾, F. Ellmer²⁾, F. Öncan¹⁾ & I. Yavas¹⁾

Einleitung

In der Türkei wird Getreide auf rund 14 Millionen Hektar angebaut, wovon Weizen ca. 65 % und Gerste 25 % einnehmen. Die Kornerträge liegen für diese beiden Fruchtarten im Landesmittel lediglich bei ca. 22 dt ha⁻¹ bzw. 25 dt ha⁻¹. In der Ege-Region (Westtürkei) werden im Vergleich zum Durchschnitt geringfügig höhere Erträge erreicht (+ 4 dt ha⁻¹). Untersuchungen zur Back- bzw. Brauqualität von Getreide sind bisher nur in geringem Umfang durchgeführt worden. So ist es bisher nicht möglich gewesen, insbesondere Weizensorten in Qualitätsgruppen einzustufen bzw. Vergleiche mit ähnlichen klimatisch-ökologischen Bedingungen in Europa anzustellen. Anhand von drei Weizen- und zwei Sommergerstensorten wurden am Versuchsstandort Aydin Untersuchungen zu Ertrag, Ertragsstruktur und Back- bzw. Brauqualität durchgeführt. Zum Vergleich mit deutschen Weizensorten dienten Ergebnisse aus Landessortenversuchen.

Material und Methoden

Die Versuchsstation der Adnan Menderes Universität in Aydin liegt 37°44“ nördlicher Breite und 27°44“ östlicher Länge, 70 m über NN. Im langjährigen Mittel fallen 657,7 mm Niederschlag bei negativer klimatischer Wasserbilanz, die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 17,6 °C. Nach der FAO-Klassifikation ist die Bodenform als Calcaric Fluvisol anzusprechen. Mit 65 % Sand, 24 % Schluff und 11 % Ton ist die Bodenart (mittel lehmiger Sand, SI3) mit einem pH Wert von 7,8. Die Analysen zur Backqualität wurden nach den ICC-Standards der Internationalen Gesellschaft für Getreidewissenschaft und -technologie durchgeführt, während die Untersuchungen zur Brauqualität auf den Brautechnischen Analysenmethoden der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission (MEBAK) basierten.

Ergebnisse und Diskussion

Die türkischen Weizensorten brachten am Standort Aydin vergleichbare Kornerträge mit den in Brandenburg angebauten Weizensorten. Allerdings wurde zum Zeitpunkt der Blüte einmal bewässert. Bezüglich der Backqualität ergaben sich deutliche Unterschiede. Im Rohproteingehalt konnten trotz einer N-Düngung von 160 kg ha⁻¹ nur Werte für B- und C-Weizensorten erreicht werden. Die Sedimentationswerte der türkischen Sorten waren mit der C-Weizensorte *Biskay* vergleichbar (Tab. 1 und 2). Eine weitere Erhöhung der N-Düngung brachte keinen Mehrertrag und nur geringfügig bessere Backqualität (Ergebnisse nicht dargestellt). Der Gluten-Index lag durchgehend in einem guten Bereich. Die Ergebnisse zur Fallzahl widerspiegelten den Einfluss der Witterung am Standort in Aydin, wobei die Fallzahlen der deutschen Weizensorten ungünstig hoch lagen (Gooding et al. 2003).

¹⁾ Adnan Menderes Universität, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, 09100 Aydin (TR)

²⁾ Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, A.-Thaer-Weg 05, 14195 Berlin (D)

Tab. 1: Ertrag und Qualität ausgewählter Winterweizensorten auf lehmigem Sandboden in Brandenburg (Kornertrag Mittel 2002-2004, Backqualität 2004)*

Sorten	Qualitätsgruppen	Ertrag [dt/ha]	Rohprotein-gehalt [% TM]	Sedimentationswert [ml]	Fallzahl
Capo	E	52,9	15,1	71	406
Tiger	A	60,4	14,8	65	376
Dekan	B	60,1	12,8	45	406
Biskay	C	63,9	12,4	24	418

*) nach Ergebnissen aus Landessortenversuchen

Tab. 2: Ertrag und Backqualität von Weizensorten am Versuchsstandort Aydin (2004, 160 kg ha⁻¹ N)

Parameter	Sorten		
	Cumhuriyet	Gönen	Golia
Kornertrag (dt/ha)	60,3	55,4	63,9
Bestandesdichte (Ähren m ⁻²)	527	495	543
Kornzahl je Ähre	41,1	46,2	44,6
Tausendkorngewicht (g, 86% TS)	54,6	43,0	42,1
Proteingehalt im Korn (% TM)	12,3	12,5	13,3
Sedimentationswert (ml)	20	29	19
Gluten-Index (%)	84,7	91,3	86,7
Fallzahl (s)	405	364	402

Im Vergleich zur deutschen Sorte *Scarlett* brachten die türkischen Braugerstensorten *Serifehanim* und *Kaya* annähernd vergleichbare Erträge sowie Braueigenschaften und lagen abgesehen vom geringeren Extraktgehalt der Sorte *Kaya* und der etwas geringeren Keimenergie der Sorte *Serifehanim* in einem guten bis sehr guten Bereich (Tab. 3).

Tab. 3: Ertrag und Brauqualität von Sommergerste am Versuchsstandort Aydin (2004; 120 kg ha⁻¹ N)

Parameter	Sorten		
	Serifehanim	Kaya	Scarlett
Kornertrag (dt/ha)	55,9	52,1	60,1
Bestandesdichte (Ähren m ⁻²)	602	612	587
Kornzahl je Ähre	26,6	28,6	29,4
Tausendkorngewicht (g, 86% TS)	46,0	41,1	41,9
Keimenergie (%)	93	98	100
Proteingehalt im Korn (% TM)	11,1	11,3	10,6
Extraktgehalt (% TM)	80,9	77,8	81,3
Viskosität	1,49	1,44	1,42
Kolbach-Index	55	42	46
Friabilimeter (%)	89	78	90

Literatur

Gooding, M.J.; R.H. Ellis, P.R. Shewry und J.D. Schofield 2003: Effects of Restricted Water Availability and Increased Temperature on the Grain Filling, Drying and Quality of Winter Wheat. *Journal of Cereal Science*, 37, 295-309.

Ideotyping approach: Finding suitable wheat varieties for a sustainable crop production in the North China Plain

Markus Herndl, Simone Graeff & Wilhelm Claupein*

Introduction

Since the early 1950s the term ideotype was used to characterize ideal plant types. Donald (1968) defined the term ideotype breeding as the fact that yields should be enhanced by breeding for individual, mostly morphological traits. He pointed out that the first step of ideotype breeding should be to specify traits and their importance for determining yield. One possibility to obtain information about these traits and their behaviour is the simulation with suitable crop growth models. Haverkort and Grashoff (2004) used the term ideotyping for the tracing of the ideal genotype for a target environment. In China, 41 % of wheat grain yield is achieved in the North China Plain (NCP). As 70 % of the annual rainfall is falling from July to September, water is the most limiting factor for wheat production in this area. An important step forward to maintain high yields while saving irrigation water would be to select or breed new varieties which produce higher yields and have a higher tolerance to water stress. This paper highlights how crop growth models, in particular DSSAT (Jones et al., 2003), can be used for Ideotyping in two target environments in the NCP.

Material and Methods

Ideotyping approach

The ideotyping approach consists in using a simulation model for wheat, which is calibrated for a common wheat cultivar at two different locations in the NCP. The influence and behaviour of traits in determining yield will be evaluated by varying a number of parameters in an input file where cultivar differences can be specified. Changing these values can be compared to subjecting a genotype with changed properties to a target environment.

Model and model modifications

In this approach, the simulation model CERES-Wheat will be used for the ideotyping approach. The model links up factors which affect development and crop growth such as genetics, management and environmental impact (Ritchie et al., 1985). CERES-Wheat has seven cultivar coefficients to characterize cultivar differences for example P5 (grain filling period duration in GDD), PHINT (phylochron interval). To calibrate a new cultivar more precisely, there are thirty-two parameters in the ECOTYPE file like AWNS (awn score), HTSTD (standard canopy height in cm) etc. In this study the common chinese wheat cultivar Shijiazhuang 8 will be used as a starting point. Measured data of three years across two sites will be used to calibrate cultivar and ecotype coefficients as well as soil and management parameters. In order to use CERES-Wheat for ideotyping, several parameters will be modified in turn (lower, higher and equal to the original cultivar coefficients of Shijiazhuang 8) and the model will be run with the management, weather and soil data of the target environments in the NCP. On the basis of these so-called sensitivity tests the influence of the traits on phenology and yield can be evaluated.

Description of the target environments

The target environments Wujiao and Quzhou are characterized in table 1.

* University of Hohenheim, Institute of Plant Production and Grassland (340), Germany

Tab. 1: Description of Wuqiao and Quzhou

	Wuqiao	Quzhou
Geographical situation	250 km south of Beijing (37.3°N, 116.3°E)	400 km south-west of Beijing (36.5° N, 115° E)
Long term average		
Temperature	12.6 °C	13.2 °C
Precipitation	562 mm	514 mm
Soil	sandy clay	silt loam
Amount of irrigation	about 320 mm total	about 330 mm total
Nitrogen fertilization	300 kg N ha ⁻¹	300 kg N ha ⁻¹

Results and Discussion

The principle of the ideotyping approach is illustrated with a sensitivity test for maize by Boote et al., (2001) (Table 2). P1, P2, P5, G2 and G3 are cultivar coefficients for maize, according to the documentation in DSSAT 4.0.

Tab. 2: Effect of modification of cultivar coefficients on days to anthesis, days to maturity and grain yield for maize grown under rainfed conditions, simulated for 10 year of weather data at Ames, Iowa (1980-1989) (Boote et al., 2001).

Variety	P1	P2	P5	G2	G3	Ames, Iowa 1980-1989		
						Anthesis (days)	Maturity (days)	Yield (kg ha ⁻¹)
A632xVA26	240	0.30	685	908	10	73.7	120.6	8734
Sensitivity test								
P5=685	240	0.30	685	908	10	73.7	120.6	8734
P5=785	240	0.30	785	908	10	73.7	128.8	10181
P5=885	240	0.30	885	908	10	73.7	138.4	12112

The sensitivity analysis (Table 2) indicates that an increase in P5 (grain filling duration expressed as degree days from silking to physiological maturity) results in an increase in grain yield at this site.

Concluding, results of the ideotyping approach should help to assess how traits (defined through the parameters in the cultivar and ecotype file) affect yield and in further consequence the water use efficiency of the investigated variety in two different environments in the NCP. In this way breeders obtain information about the behaviour of these traits and can estimate their role in determining yield at these target environments.

References

- Boote, K.J., Kropff, M.J., Bindraban, P.S. 2001. Physiology and modelling of traits in crop plants: implications for genetic improvement. *Agricultural Systems* 70: 395-420.
- Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17:385-403.
- Haverkort, A.J. and C. Grashoff 2004. IDEOTYPING-POTATO a modelling approach to genotype performance In: D.K.L MacKerron, A.J. Haverkort 2004. Decision support systems in potato production. Wageningen Academic Publisher.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Wilkens, P.W., Porter C.H. and G.Y. Tsuji 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. University of Hawaii, Honolulu, HI
- Ritchie, J.T., D.C. Godwin, and S. Otter-Nacke. 1985. CERES-Wheat. A simulation model of wheat growth and development. Texas A&M Univ. Press, College Stn., TX.

Langzeitwirkungen von Pflanzenschutzmaßnahmen in Bezug auf die N-Effizienz

Stephan Deike*, Bernhard Pallutt** & Olaf Christen*

Einleitung

Auf dem Versuchsstandort Dahnsdorf (Land Brandenburg) der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft wurde 1995 ein Dauerversuch angelegt, der zur Erarbeitung von Strategien für eine dauerhaft erfolgreiche und umweltverträgliche Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beitragen soll. Hierbei werden situationsbezogen bemessene Aufwandmengen von Herbiziden und Fungiziden im Getreide bzw. von Herbiziden und Insektiziden in Winterraps im Vergleich zu dazu halbierten Aufwandmengen geprüft. Die Versuchsanlage wurde so konzipiert, dass die Langzeiteffekte unterschiedlicher Strategien des Pflanzenschutzes auf Schaderregeraufkommen, Ertragsentwicklung und Nährstoffausnutzung beurteilt werden können.

Material und Methoden

Die Bodenwertzahlen der inmitten des Fläming gelegenen Versuchsflächen liegen im Mittel bei 48, variieren aber im Bereich von 35-55. Vorherrschend ist ein stark-lehmiger Sand. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr beträgt 536 mm, die mittlere Jahrestemperatur ist 8,4°C. Häufig tritt eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit auf.

Die Untersuchungen erfolgten anhand einer Futterbaufruchtfolge bestehend aus Klee gras – Winterroggen – Silomais – Winterweizen – Winterraps – Wintergerste. In der zweifaktoriellen Spaltenanlage gibt es in den zwei Intensitätsstufen (optimal, extensiv) jeweils eine Parzelle ohne chemischen Pflanzenschutz (UK), mit alleiniger Herbizid- (H) bzw. Fungizidapplikation (F), sowie mit kombinierter Herbizid- und Fungizidanwendung (HF). Der Einsatz von Insektiziden im Raps wird ebenso mit „F“ bezeichnet. Die Dosierung der Pflanzenschutzmittel bei optimaler Intensität erfolgt situationsbezogen unter Einbeziehung von Schadensschwellen. In der Extensiv-Stufe werden im Vergleich dazu halbierte Aufwandmengen appliziert. Zudem wurde in letzterer Variante in den Erntejahren 1997-2001 die N-Düngung halbiert. Seit 2002 wird in beiden Stufen die gleiche N-Menge ausgebracht ($\cong 120 \text{ kg N ha}^{-1}$).

Die N-Bilanzrechnung wurde mit dem Modell REPRO durchgeführt. Einbezogen wurden dabei die gemessenen N-Gehalte im Erntegut und eine N-Immission von $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zeitraum von 1997 bis 2001 zeigte sich in den Behandlungsstufen mit halbiertem Pflanzenschutzmitteleinsatz aufgrund des niedrigen Düngungsniveaus eine bessere N-Effizienz als in der Optimal-Variante (Abb.1). Dies bestätigt Untersuchungen von Hülsbergen (2002). Zu Beginn des Versuches war eine geringe Ausgangsverunkrautung vorhanden. Daher wurden im ersten Zeitabschnitt nur geringfügige Verbesserungen der N-Verwertung durch eine situationsbezogene Herbizidanwendung bewirkt. In der Extensiv-Variante rief die verringerte N-Düngung zumeist konkurrenz-

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Straße 2, 06108 Halle

** Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

schwächere Kulturpflanzenbestände und höhere herbizidbedingte Mehrerträge hervor. Der Einsatz halbirter Herbizidmengen führte somit beim existenten niedrigen Unkrautdruck zu einer deutlichen Erhöhung der N-Ausnutzung.

Pallutt & Grübner (2004) berichten von populationsdynamischen Veränderungen bezüglich der Unkrautdichte, der artenmäßigen Zusammensetzung und dem Besatz mit Problemunkräutern bei längerfristigen Änderungen der Unkrautregulierung. So nahm auch die Effektivität der chemischen Unkrautbekämpfung mit halber Aufwandmenge in den Folgejahren aufgrund der Zunahme schwerer bekämpfbarer Unkräuter, insbesondere *Apera spica-venti*, und einer einhergehenden Wirkungsverminderung der Herbizide ab. Indes bewirkte eine situationsbezogene Dosierung i.d.R. höhere Nährstoffverwertungsgrade (Abb.2). Eine alleinige Fungizidanwendung führte im Mittel der Jahre in beiden Intensitätsstufen zu geringen N-Effizienzsteigerungen. Lediglich im Winterroggen waren häufig deutliche positive Auswirkungen, vor allem bei situationsbedingter Aufwandmenge, zu beobachten.

In der Optimal-Variante traten wiederholt synergistische Effekte zwischen Herbizid- und Fungizidbehandlung auf, d.h. die kombinierte Applikation bewirkte eine größere Verbesserung der N-Effizienz als nach der alleinigen Anwendung beider Präparate zu erwarten gewesen wäre. Folglich ist der ausgewogene Einsatz und die situationsbezogene Dosierung eine wesentliche Voraussetzung für dauerhaft erfolgreiche Strategien bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.

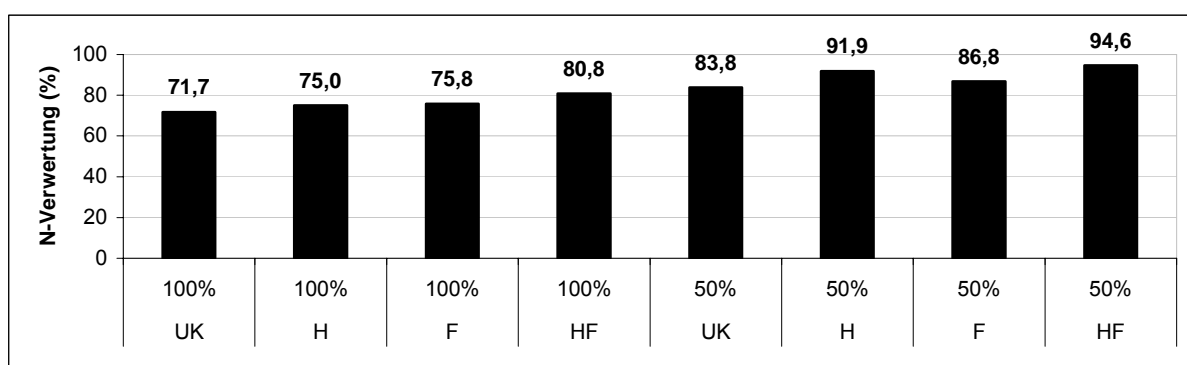


Abb. 1: N-Verwertung der Behandlungsstufen in den Jahren 1997-2001

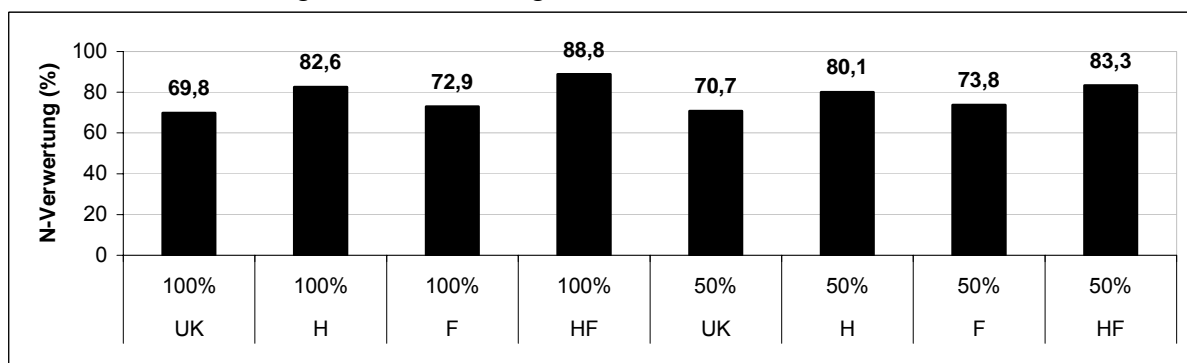


Abb. 2: N-Verwertung der Behandlungsstufen in den Jahren 2002-2004

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2002): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme; Halle., Univ., Habil.-Schr., Shaker, Aachen, 132-136.
- Pallutt, B. & P. Grübner (2004): Langzeitwirkung ausgewählter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Verunkrautung am Beispiel des Getreides. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIX, S. 969-979.

Dreidimensionale Modellierung und Visualisierung der Lichtinterzeption

Katrin Kahlen & Hartmut Stützel*

Einleitung

Die Produktion von Gewächshauskulturen, z. B. Gurke (*Cucumis sativus* L.), ist von einem intensiven Management geprägt. Dabei liegen Faktoren wie Nährstoffe, Temperatur und Wasserversorgung im Allgemeinen in einem optimalen Bereich, so dass der wesentliche limitierende Faktor für das Wachstum das Licht ist. Wie viel Licht von einer Pflanze im Bestand aufgenommen werden kann, hängt neben Pflanzeninhärenten Faktoren wie zum Beispiel der Blattbeschaffenheit und der daraus resultierenden Transmission und Reflektion von der Pflanzen- und Bestandesarchitektur ab. Zu diesem räumlichen Aspekt kommt noch der zeitliche hinzu, der sich in einer sich ständig verändernden Architektur der Pflanze äußert und mitentscheidend ist für die Interaktion von Pflanze und Umgebung und damit insbesondere für die Lichtaufnahme. Ein mit der Lichtaufnahme eng verknüpfter Faktor ist die Lichtinterzeption. Die Lichtinterzeption kann als Maß für das aufgenommene direkte Licht angesehen werden (Sinoquet *et al.*, 1998; Thanisawanyangkura *et al.*, 1997). Dabei ist die Verteilung des Lichtes eine von Sonnenstand und Pflanzenarchitektur abhängige Funktion des dreidimensionalen Raumes.

Material und Methoden

Basierend auf Lindenmayer-Systemen (L-Systemen) wurde ein einfaches dreidimensionales Pflanzenarchitekturmodell für Gurke erstellt (Prusinkiewicz und Lindenmayer, 1990). L-Systeme nutzen morphologische Entwicklungsregeln zur Abbildung der Pflanzenarchitektur. Wiederholt ausgeführte Entwicklungsregeln führen zum Erscheinen neuer Pflanzenmodule, deren Wachstum und Sterben. Die Regeln werden durch morphologische Parameter ergänzt, wie beispielsweise die Form, Länge und Dicke von Internodien. Die Formulierung von L-Systemen erfordert u.a. eine detaillierte Kenntnis der Pflanzenarchitektur. Daher wurde die dreidimensionale Geometrie mittels der Digitalisierungstechnik bestimmt. Als Grundlage diente ein Gewächshausversuch mit Gurke, der von Mai bis Juli 2002 durchgeführt wurde. Die Versuchsanlage war eine vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Faktoren Bestandesdichte und Verteilung im Raum (isometrisch oder in Reihe). Genutzt wurde ein 3D Digitizer (Polhemus Inc., Colchester, VT, USA), um räumliche Koordinaten von Punkten zu bestimmen. Aus diesen digitalisierten Daten wurden morphologische Parameter abgeleitet.

Das Modell nimmt an, dass ein Apex in Abhängigkeit von der Temperatursumme altert und alle 17°Cd ein Phytomer erzeugt. Ein Phytomer umfasst hier ein Internodium, eine Petiole, eine Blattspreite und einen neuen Apex. Diese Organe altern und wachsen in Abhängigkeit von ihrer individuellen Temperatursumme, wobei das Wachstum als logistisch angenommen wird. Blattneigungswinkel und Petiolenwinkel wachsen monomolekular. Internodien und Petiolen werden durch Zylinder dargestellt und Blätter durch eine komplexe Form, die aus zehn einzelnen Dreiecksflächen zusammengesetzt ist. Das Programm LStudio (freeware: <http://algorithmicbotany.org>) kann die Simulation durchführen und die erzeugte

* Institut für Gemüse- und Obstbau, Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

Geometrie visualisieren. Diese Visualisierungen werden in Bilddateien abgespeichert und dann mit einem Bildanalyseprogramm analysiert, um die Lichtinterzeption zu bestimmen (ImageTool, freeware: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>).

Ergebnisse und Diskussion

Erste visualisierte Ergebnisse deuten das Potential der Modellierung mit L-Systemen an (Abb. 1). Einfache Entwicklungsregeln ermöglichen es demnach, die Pflanzengeometrie in Raum und Zeit darzustellen. Im einfachen Modell fehlt allerdings noch die Rückkopplung von der Architektur auf die resultierende Lichtaufnahme und das daraus folgende Wachstum der Pflanze.

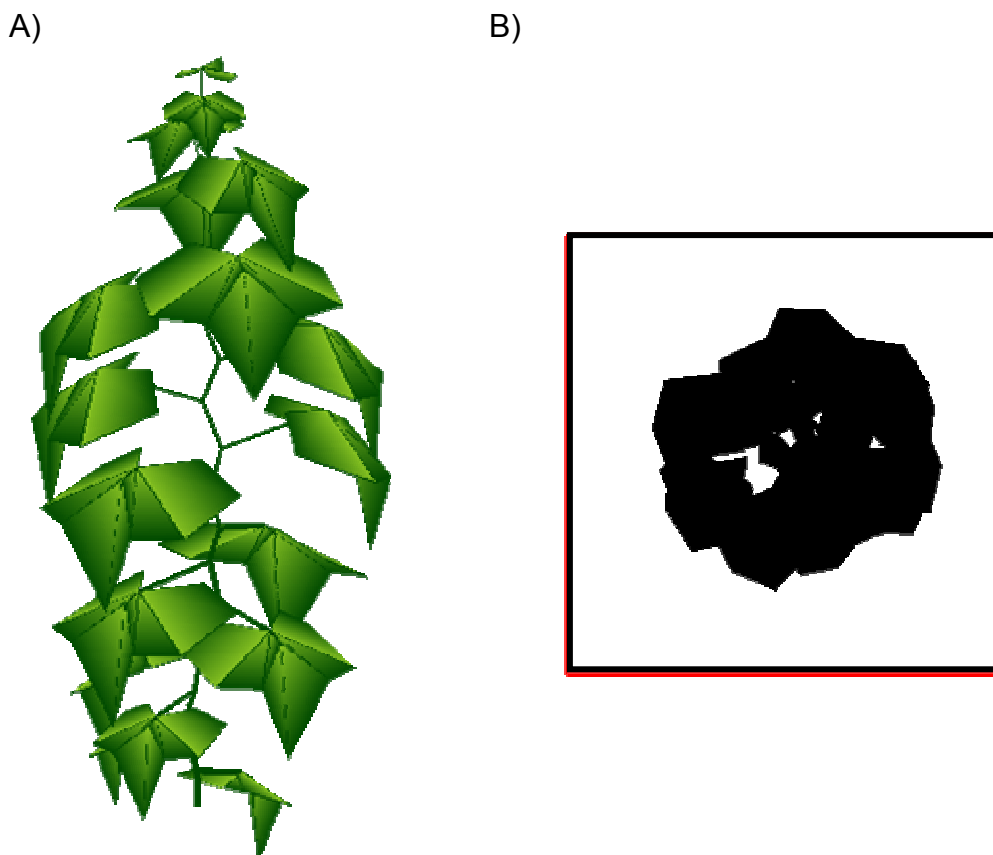


Abb. 1: A) Visualisierung des Modells nach 340°Cd . B) Die Topansicht ist von einem Quadrat umrahmt, das ein Quadratmeter Grundfläche anzeigt. Damit ergibt sich für das Verhältnis von unterbrochenem Licht zu Grundfläche ein Wert von 0.3 bei senkrechter Einstrahlung.

Literatur

- Prusinkiewicz, P. und Lindenmayer, A: (1990): The Algorithmic Beauty of Plants. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg.
- Sinoquet, H.; Thanisawanyangkura S; Marbouk H und Kasemsap P. 1998: Characterisation of the light environment in canopies using 3D digitising and image processing. Annals of Botany 82: 203-212.
- Thanisawanyangkura, S.; Sinoquet, H.; Rivet, P.; Cretenet., M. und E. Jallas (1997): Leaf orientation and sunlit leaf area distribution in cotton, Agricultural and Forest Meteorology 86: 1-15.

Hinweise auf eine Senkenlimitierung des Wachstums von Zuckerrüben unter erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration

Remy Manderscheid, Andreas Pacholski & Hans-Joachim Weigel*

Einleitung

Der Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration führt bei allen C₃-Pflanzen zu einer Zunahme der Photosyntheserate und so zu einer Wachstums- und Ertragssteigerung. Entgegen unseren Erwartungen ergab ein Freiland-CO₂-Anreicherungs(=FACE)versuch mit Zuckerrüben im Jahr 2001 am Standort Braunschweig nur eine geringe Zunahme der pflanzlichen Biomasse. Außerdem führte die CO₂-Anreicherung gegen Ende der Vegetationsperiode zu einem schnelleren Abfall des Blattflächenindex. Im Jahr 2004 wurde dieser Versuch wiederholt und zusätzlich ein Schattierungsexperiment vorgenommen. Damit sollte die Hypothese geprüft werden, ob der Abfall des LAI unter FACE und der niedrige CO₂-Effekt auf das Rübenwachstum auf einer Senkenlimitierung beruhen.

Material und Methoden

Das Versuchsfeld der FAL, auf dem der FACE-Versuch seit 1999 läuft, sowie die FACE-Anlage wurden bereits mehrfach in früheren Beiträgen beschrieben (Manderscheid et al., 2003). Bei der Wiederholung des Zuckerrübenversuchs im Jahr 2004 wurde eine andere Sorte („Impuls“) verwendet als 2001 („Wiebke“). Die übrigen Randbedingungen waren ähnlich wie im ersten Versuchsjahr, d.h. in den zwei FACE-Ringen betrug das Saisonmittel der CO₂-Konzentration ca. 550 ppm und in den Kontrollringen ca. 380 ppm. Die Bestände wurden regelmäßig bewässert zur Vermeidung von Trockenstress, und im Halbkreis mit der Hoch-(N100) und Niedrig-N-Variante (N50) wurden insgesamt 160 bzw. 80 kg ha⁻¹ mineralischer N-Dünger ausgebracht. Ab Mitte Juli wurde ein Teil der Probenfläche mit Schattiergewebe versehen, um die einfallende Strahlung zu halbieren. Auf den nicht schattierten Flächen wurde der Verlauf des grünen Blattflächenindex gemessen und am Saisonende der Biomasse- und Zuckerertrag ermittelt. Die schattierten Flächen wurden nur am Saisonende analysiert.

Ergebnisse

Bei ausreichender N-Versorgung wurde im zweiten Versuchsjahr genauso wie im ersten ein schnellerer Abfall des LAI unter Hoch-CO₂ als Normal-CO₂ beobachtet. Außerdem hatte die CO₂-Anreicherung einen signifikanten negativen Effekt auf den Chlorophyllgehalt pro Bodenfläche bei Versuchsende (Tab. 1). Die Stimulation der Gesamtbiomasse durch FACE lag bei ausreichender N-Düngung mit 7% ähnlich niedrig wie im ersten Versuchsjahr (+8%).

In der schattierten Variante wurde eine deutlich größere Chlorophyllmenge pro Bodenfläche gefunden (Tab. 1) als in der normal belichteten Variante und der CO₂ Effekt war mit -10% wesentlich kleiner als unter normaler Belichtung (-27%). Gleichzeitig war die durch die CO₂-Anreicherung verursachte Zunahme der Gesamtbiomasse in der schattierten Variante ca. doppelt so hoch wie in der nicht schattierten Variante.

Der FACE-Effekt auf den bereinigten Zuckerertrag war ähnlich wie 2001 und reichte von +10% (N100) bis +15% (N50). Die Schattierung führte auch hier zu einer Verdopplung der prozentualen Ertragszunahme durch die CO₂-Anreicherung (Tab. 1).

* Institut für Agrarökologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Diskussion

Der Braunschweiger FACE-Versuch mit Zuckerrüben zeigte in beiden Versuchsjahren im Spätsommer einen beschleunigten Abfall des LAI unter Hoch-CO₂ im Vergleich zu Normal-CO₂. 2004 konnte dieser Effekt durch Schattierung der Bestände aufgehoben werden. Demnach beruht die spätsommerliche Aufhellung des Bestandes unter FACE bei normaler Belichtung nicht auf einer Reduktion der Stickstoffaufnahme, wie man aufgrund der nachgewiesenen Minderung der Bestandestranspirationsrate unter Hoch-CO₂ evtl. annehmen könnte. Die gleichzeitige Verdopplung des relativen CO₂-Effekts unter Schattierung im Vergleich zur normal belichteten Variante lassen vielmehr vermuten, dass der spätsommerliche Abfall des LAI eine kompensatorische Reaktion auf eine Assimilatüberproduktion unter Hoch-CO₂ darstellt. Nach Kenter (2003) liegt das Temperaturoptimum der Rübenkörperwachstumsrate bei ca. 18°C. Angesichts der bekannten positiven CO₂ x Temperatur Interaktion auf die Photosynthese wäre es daher durchaus denkbar, dass bei den hohen Temperaturen im Sommer die Assimilatsyntheserate unter CO₂-Anreicherung den Assimilatbedarf für das Rübenkörperwachstum übertrifft und es zu einem Assimilatstau in den Blättern kommt. Demnach sind die heutigen Zuckerrübensorten offensichtlich nicht in der Lage den positiven CO₂-Effekt auf die Photosyntheserate und die Ertragsbildung voll auszuschöpfen. Ein möglicher Ansatzpunkt zur Wachstumsoptimierung unter zukünftigen CO₂-Konzentrationen besteht evtl. darin, die Temperaturregulation des Rübenkörperwachstums genetisch zu modifizieren.

Tab. 1: Einfluß von Stickstoff-, Licht- und CO₂-Versorgung auf den bereinigten Zuckerertrag und auf die Chlorophyllmenge pro Bodenfläche bei der Rübenernte im September 2004.

Variable	N-Düng.	Licht	380 ppm	550 ppm	% CO ₂ -Eff.
Chlorophyllmenge (g m ⁻²)	N100	Normal	0.97	0.71	-26.8
		Schatt.	1.16	1.06	-9.6
Bereinigter Zu- ckerertrag (t ha ⁻¹)	N50	Normal	9.7	11.2	+15.4
		Schatt.	7.2	9.8	+36.7
	N100	Normal	10.6	11.6	+9.9
		Schatt.	7.5	9.0	+19.0

Literatur

- Kenter, C., 2003. Ertragsbildung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der Witterung. Dissertation, Institut für Zuckerrübenforschung
- Manderscheid, R., C. Frühauf, H.-J. Weigel, 2003. Wechselwirkung von CO₂-Anreicherung unter Feldbedingungen (FACE) und Stickstoffversorgung auf Wachstum und Ertrag von Zuckerrüben. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 158-160..

Sugar Beet Growth and Agronomic Parameters in Dependence on Foliar Preparations containing Bioactive substances

Vladimír Pačuta, Jana Fecková & Ivan Černý*

Introduction

Varied bioactive substances are used to stimulate the metabolic and vital functions of plants, enhance plant drought adaptation and potentially support the plant nutrients income from soil (Pulkrábek et al., 1999). Favorable influence of humates is known like the stimulation of nutrients income by plants (Cooper et al. 1998, Pačuta et al. 1999). Ethanolamine is characterized by Bergmann et al. (1990) like a substance improving plant water management at the soil moisture deficiency. Dat et al. (1998) consider salicylic acid to be an enhancer of plant anti-drought resistance. Leaf area index and net assimilation rate are values of plant growth and are related to the plant metabolism, yield and quality (Bange et al., 2000, Awal et al. 2004). Leaf Area Index (LAI) and Net Assimilation Rate (NAR), root yield and digestion were determined to find out the potential effect of foliar preparations on the sugar beet crop.

Material and methods

Field experiments were carried out in the years 2003, 2004 at the medium heavy luvisol in the warm and semi arid locality. The experiment was designed by a split plot method with four replications. Two foliar preparations containing bioactive substances were applied: Avit 35 in the stage of the 9. – 11. leaves (19 BBCH), 18 l.ha⁻¹; Humix univerzál plus in the stage of the 9. – 11. leaves (19 BBCH), 8 l.ha⁻¹ (1st application) and before full leaf canopy (35 BBCH), 8 l.ha⁻¹ (2nd application). Avit 35 is a liquid foliar preparation based on ethanolamine and ureasalicylate enriched by 4.4 % N, 3.9 % Mg, 15.8 % C and microelements (5.1 %). Humix univerzál plus is a liquid soil or foliar preparation containing natural bioactive substances in the form of 4 % potassium humate enriched by 4.5 % N, 0.53 % P, 3.23 % K and Fe, Mg, Zn, Cu, Mo, B. Parameters of sugar beet growing process LAI (leaf area index) and NAR (net assimilation rate) were counted according to the formulas:

$$\boxed{LAI = A/P} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}), \quad A = \text{leaf area}, \quad P = \text{soil area}. \quad \boxed{NAR = \frac{dW}{dt} \cdot \frac{1}{A}} \quad (\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}), \quad A$$

= average leaf area size within the period dt, W= change of dry matter weight within the period dt. After the harvest the root yield (t.ha⁻¹) and sugar content - digestion (°S or %) were measured. Resulting data were evaluated by interval estimation and multifactor analysis of variance (ANOVA, LSD test) in the statistical program Statgraphics.

Results and discussion

No statistically significant differences in LAI between the untreated and foliary treated variants in 2–years average were found ($p^1 = 0.3032 \text{ NS}^2$; means: 1.39/untreated, 1.50/Avit 35, 1.46/Humix univerzál plus, $\text{LSD}_{0.05} = 0.16$). But statistically high significantly different reactions of leaf area at the foliar preparations treatment were found in the individual years ($p = 0.0000^{**3}$; means: 1.34/year 2003, 1.53/year 2004). Avit 35 and Humix univerzál plus increased LAI comparing to the untreated variant in the arid

* Department of Crop Production, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia

and warm year 2003. But they did not affect LAI in the year 2004 with normal temperatures and precipitation. According to Ferus et al. (2004) treatment by Avit 35 improved some parameters of plant water status but it also supported necrotizing of assimilation area in the first stage of dehydration, early stomatal closure and no anti-drought effect at the level of photosynthesis photochemical reactions.

Because of high variability of NAR files (from -8.16 to 36.33 g.m⁻².day⁻¹) ANOVA testing was not done. Differences of NAR between foliary treated and untreated variants were not evident, but varied much between years.

Root yield was not affected by foliar preparations in 2-yr experimental period (p= 0.2058 NS; means: 51.21/untreated, 53.29/Avit 35, 51.58/Humix univerzál plus, LSD_{0.05}=2.78). Digestion was high significantly decreased after foliar preparations treatment (p= 0.0000**; means: 21.37/untreated, 20.77/Avit 35, 20.89/Humix univerzál plus, LSD_{0.05}=0.27). These important agronomic parameters are strongly connected with parameters of growth (LAI, NAR). When LAI was not affected by foliar treatment, root yield was not as well. Sugar content is dependent on NAR. If Avit 35 caused strongly decreased NAR in arid period of year 2003, came to sucrose respiration, and subsequently to final digestion decreasing.

References

- Awal, M. A., Ishak, W., Endan, J., Haniff, M. 2004. Regression Model for Computing Leaf Area and Assessment of Total Leaf Area Variation with Frond Ages in Oil Palm. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(5): 642-646
- Bange, M. P, Hammer, G. L., Milroy, S. P., Rickert, K.G. 2000. Improving Estimates of Individual Leaf Area of Sunflower. *Agronomy Journal* 92:761-765
- Cooper R. J., Chunhua L., Fisher D. S. (1998): Influence of Humic Substances on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bengrass. *Crop. Sci.* 38: 1639-1644
- Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H., Scott, I.M. (1998): Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedling. *Plant Physiol.*, 116: 1351-1357
- Pačuta V., Karabínová M., Černý I. (1999): Quantity and quality of sugar beet yield in relationship to selected growing factors. *Rostlinná výroba* (45) 2: 61-67
- Pulkrábek J., Šroller J., Zahradníček J. (1999): The effect of growth regulators on the yield and quality of sugar beet roots. *Rostlinná výroba*, 45 (8): 379 –386
- Ferus, P. (2004): Increasing of radiation and water utilization for photosynthesis and dry matter production in fluctuating environmental conditions. Dissertation, Nitra, Slovak University of Agriculture, Department of Physiology: 104 pp

- 1) p – type of error (probability of mistake when the null hypothesis is falsely rejected and research hypothesis is falsely accepted)
- 2) NS – non significance differences
- 3) **- high significance differences

Unterschiede im Wasserhaushalt von Deutschem Weidelgras mit und ohne Endophytbesiedelung

Heike Hahn*, M.A. McManus** & D.B. Scott**

Einleitung

Wassermangel beeinflusst alle Lebensvorgänge der Pflanzen negativ und kann im Extremfall zum Tod der Pflanze führen. Im Laufe der Evolution hat sich eine Vielzahl morphologischer und physiologischer Mechanismen herausgebildet, mit denen sich die Pflanze an Wasserknappheit anpassen kann. Bezüglich der Trockenresistenz werden zwei grundlegende Reaktionsmöglichkeiten unterschieden: Stress-Toleranz (z.B. durch Osmoregulation oder Erhaltung der Zellwandelastizität) und Stress-Vermeidung (z.B. durch Vergrößerung des Wurzelsystems oder Wasserspeicherung) (Malinowski und Belesky, 2000). Für Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) wurde nachgewiesen, dass endophytische Pilze unter bestimmten Bedingungen eine verbesserte Anpassung ihrer Wirtspflanze an Wassermangel induzieren können. Verglichen mit endophytfreien Pflanzen wurden für endophytfizierte Klone beispielsweise die Ausbildung eines größeren Wurzelsystems beobachtet (De Battista et al., 1990) sowie die verstärkte Akkumulation osmotisch wirksamer Substanzen (wasserlösliche Zucker; pilzliche Metabolite Mannitol und Arabitol) (Richardson et al., 1992).

Mit der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob endophytische Pilze im Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne*) einen Einfluss auf verschiedene Parameter des Wasserhaushalts haben. Dazu wurden endophytfreie und endophytfizierte Klone unter optimalem Wasserangebot als auch unter extremen Wassermangel verglichen.

Material und Methoden

Endophytfreie und mit dem Endophyten *Neotyphodium lolii* infizierte Klone von zwei *L. perenne* Genotypen wurden unter kontrollierten Bedingungen mit optimaler Wasserversorgung (Kontrollvariante) und unter Wassermangel für 26 Tage kultiviert. Die Wassergaben betragen zu Beginn des Experiments für beide Varianten 15.8% (v/v) FK und wurden für die Wassermangelvariante schrittweise abgesenkt bis am letzten Tag eine FK unter dem permanenten Welkepunkt (4.7% v/v) erreicht war. Am 26. Tag erfolgte ein Schnitt mit anschließender 10tägiger Nachwuchsphase unter optimaler Wasserversorgung für beide Varianten. Für beide Schnitte wurden Frischmasse (FM) und Trockenmasse (TM) ermittelt. Auf der Basis des täglich verbrauchten Wassers wurde der kumulative Wasserverbrauch berechnet. Die Kalkulation des Wasserausnutzungskoeffizienten (WUE) erfolgte für die Wachstumsperiode unter Wassermangel (Tag 1-26) sowie die Nachwuchsphase (Tag 27-36). Mittels varianzanalytischer Auswertung wurde der Einfluss von Genotyp, Endophyt und Wassergabe untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Unter Wassermangel zeigten die endophytfizierten Klone einen deutlich geringeren kumulativen Wasserverbrauch als die endophytfreien Varianten. Trotz dieses gerin-

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle, heike.hahn@landw.uni-halle.de

** Institute of Molecular BioSciences, Massey University, Private Bag 11222, Palmerston North, New Zealand

geren Wasserverbrauchs waren zwischen den FM-Erträgen beider Endophytvarianten bei Wasserdefizit keine signifikanten Unterschiede nachweisbar. Verschiedene Mechanismen wie beispielsweise früherer Stomataschluss oder reduzierte stomatäre Leitfähigkeit könnten eine Ursache für den geringeren Wasserverbrauch der endophytinfizierten Varianten gewesen sein. Eine erhöhte Wasseraufnahme durch Erreichbarkeit eines größeren Bodenvolumens der endophytfreien Klone wird eher nicht vermutet, da vergrößerte Wurzelsysteme bisher nur für endophytinfizierte Pflanzen vom Rohrschwengel beobachtet wurden (De Battista et al., 1990).

Für die TM-Erträge zeigte sich ein deutlicher Einfluss von Endophyt bzw. Endophyt/Gras-Assoziation. Bei beiden Ernten zeichneten sich sowohl für die Kontrollvariante als auch die Wassermangelvariante für einen Gras-Genotyp die endophytfreien Klone mit signifikant höheren Erträgen gegenüber den endophytinfizierten Klonen aus wogegen beim zweiten geprüften Genotyp keine Unterschiede zwischen den Endophytvarianten nachweisbar waren. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die endophytinfizierten Klone unter Wassermangel zu höheren Wassergehalten in der geernteten Biomasse tendierten als die endophytfreien. Dies könnte zumindest teilweise die niedrigeren TM-Erträge der endophytinfizierten Klone bewirkt haben.

Auch die Wasserausnutzungseffizienz (WUE) wurde nur bei einem der beiden getesteten Gras-Genotypen von der Endophytpräsenz beeinflusst. Hierbei zeigten die endophytfreien Klone für die Wassermangel- und die Kontrollvariante zu beiden Ernten signifikant höhere WUE als die endophytinfizierten Klone. Die Unterschiede in den WUE belegen, dass die höheren Wassermengen (=kumulativer Wasserverbrauch), die von den endophytfreien Klonen unter Wassermangel aufgenommen wurden, effizienter genutzt wurden als die geringeren Wassermengen, die die endophytinfizierten Klone aufgenommen haben. Die signifikanten Dreifach-Interaktionen zwischen Gras-Genotyp, Endophyt und Wassergabe sind ein Indiz dafür, dass WUE ein sehr komplexes Merkmal ist.

Die Ergebnisse dieses Experiments deuten darauf hin, dass der Wasserhaushalt in Deutschem Weidelgras in vielfältiger Weise durch eine Endophytbesiedelung beeinflusst werden kann. Im Gegensatz zu endophytinfiziertem Rohrschwengel können die Endophyten beim Weidelgras die Ertragsparameter offensichtlich häufig negativ beeinflussen. Sollen die möglichen Vorteile einer Endophytinfektion wie z.B. der Resistenz gegenüber Insekten genutzt werden, müssen Gras-Genotyp und Endophyt-Genotyp so ausgewählt werden, dass beide kompatibel sind und der Endophyt in der Assoziation kein Kostenfaktor für die Pflanze wird.

Literatur

- De Battista, J.P., Bouton, J.H., Bacon, C.W., Siegel, M.R., 1990: Rhizome and herbage production of endophyte removed tall fescue clones and populations. *Agron. J.* 82: 651-654
- Malinowski, D.P., Belesky, D.P., 2000: Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40: 923-940
- Richardson, M.D., Chapman Jr., G.W., Hoveland, C.S., Bacon, C.W., 1992: Sugar alcohols in endophyte-infected tall fescue. *Crop Sci.* 32: 1060-1061.

Einfluss des Genotyps und der Stickstoffversorgung auf die Backqualität und die Zusammensetzung der Kleberproteine bei Winterweizen

J. Peter Baresel¹, H. J. Reents¹ & G. Zimmermann²

Einleitung

Trotz erheblicher Fortschritte in der Anbautechnik entspricht die Backqualität von Weizen aus ökologischer Landwirtschaft oft noch nicht den Anforderungen der verarbeitenden Industrie. Ein häufig vorgeschlagener Lösungsansatz ist die Züchtung von Sorten mit spezieller Eignung für den Ökologischen Landbau, wobei neben der Ertragsleistung die Backqualität von großer Bedeutung ist. Die Backqualität ist sowohl vom Rohproteingehalt als auch von der Protein*qualität* abhängig. Es konnte beobachtet werden, dass bestimmte Sorten auf eine (umweltbedingte) Absenkung des Rohproteingehalts mit einer geringeren Qualitätsminderung reagieren als andere, so dass vorgeschlagen wurde, für die besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus gezielt nach solchen Genotypen zu suchen. Da die Backqualität u. a. von den Mengenverhältnissen der Bestandteile des Kleberproteins abhängt, sollte geprüft werden, wie eine solche spezielle Eignung auf der Proteinebene erklärt werden kann, d. h., welche Proteinfractionen einen besonders starken Einfluss auf die Protein*qualität* haben und bei welchen von ihnen Wechselwirkungen zwischen Proteingehalt und Genotyp nachgewiesen werden können. Ziel der hier beschriebenen Untersuchungen ist, nachzuprüfen, ob eine solche spezielle Qualitätszüchtung für den Ökologischen Landbau möglich und sinnvoll ist.

Material und Methoden

Es wurde ein genetisch breites Sortiment von 70 Genotypen untersucht: neben deutschen Marktsorten waren ältere Sorten und Landsorten, süddeutsches Zuchtgartenmaterial, sowie einige speziell für den Ökologischen Landbau gezüchtete Sorten vertreten. Das Material wurde 2002 und 2003 in Parzellenversuchen an 3 ökologisch und 2 konventionell bewirtschafteten Standorten in Bayern angebaut. Neben den Kornerträgen wurden u. a. der Rohproteingehalt, der Sedimentationswert und das Backvolumen nach dem Rapid-Mix-Test ermittelt. Die HMWGS-Bandenkombinationen wurden mittels SDS-PAGE nach Payne klassifiziert, die Gliadin- und Gluteninfraktionen (HMWGS und LMWGS) wurden mittels RP-HPLC nach Wieser (1998) an einem Teil des Sortiments quantitativ bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Beschreibung der Protein*qualität* werden die Mengenverhältnisse der Kleberfraktionen genutzt, da die absoluten Werte zu stark mit den Rohproteingehalten korrelieren. Eine Analyse der Beziehungen zwischen den Fraktionen des Kleberproteins und den Qualitätsparametern Sedi-Wert und Backvolumen zeigt dann nur einen äußerst geringen Zusammenhang (Tab. 1), der ebenfalls noch durch den Rohproteingehalt beeinflusst ist. Veränderungen der Backqualität lassen sich nur zu einem geringen Anteil durch die Kleberzusammensetzung erklären, so dass sie zwar zur Selektion genutzt werden kann, der Effekt aber niedrig bleiben wird.

¹ Lehrstuhl für Ökologischen Landbau TU München

² Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Die Sorten und die Stickstoffversorgung der Pflanzen – gemessen am Rohproteingehalt – haben einen signifikanten Einfluß auf das Backvolumen, den Sedimentationswert und die Kleberproteinfraktionen (Tab. 2, außer RP-Gehalte auf HMWGS/LMWGS). Für den Sedi-Wert und das Verhältnis HMWGS/LMWGS treten darüber hinaus signifikante Wechselwirkungen auf, so dass zunächst eine umwelt- bzw. anbaubezogene Selektion auf Proteinqualität über diese Merkmale möglich erscheint. Allerdings zeigt der Vergleich der Sedi-Werte zwischen ökologischem und konventionellem Anbau (Abb. 1), dass eine enge Korrelation ($r=0,90$) besteht und damit die Rangfolge der Sorten unter beiden Anbaubedingungen sehr ähnlich ist. Wenn sich darüber hinaus die Bandenkombinationen der Glu1-Allele in gleicher Weise in beiden Anbausystemen auf die Differenzierung der Sedi-Werte auswirken (Tab. 3), lassen sich für die Selektion der Sorten folgende Schlüsse ziehen: (1) Für den Ökologischen Landbau sind im Hinblick auf die Proteinqualität keine Sorten mit spezieller Eignung, sondern solche mit besonders guten Qualitätseigenschaften in Anbausystemen notwendig. (2) Diese können auch unter den Bedingungen des konventionellen Anbaus sowohl phänotypisch als auch durch Einsatz von Proteinmarkern identifiziert werden.

Tab. 2: Einfluss von Rohproteingehalt (RP), Sorte und deren Wechselwirkung (WW) auf Qualitätsparameter und Mengenverhältnisse bestimmter Kleberfraktionen; P-Werte der Varianzanalyse

	RP	Sorte	WW
Backvolumen	<0,001	<0,001	0,451
Sedimentationswert	<0,001	<0,001	<0,001
□-Gliadine/Gliadine	0,006	<0,001	0,396
Gliadine/Gliutenine	0,008	<0,001	0,232
HMWGS/LMWGS	0,078	<0,001	0,005

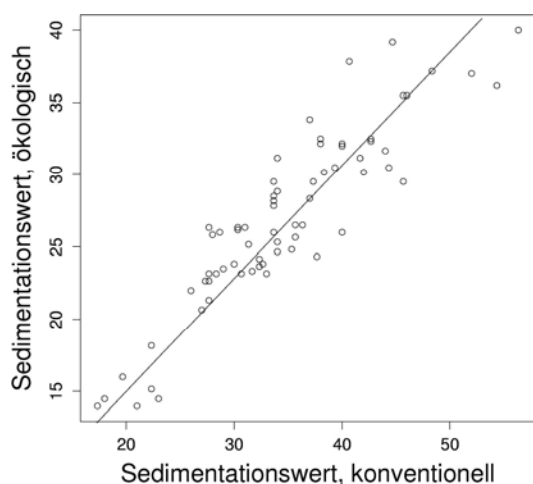


Abb. 1: Sedimentationswerte der 70 Genotypen bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung

Tab. 1: Beziehungen zw. Kleberfraktionen und Qualitätsuntermerkmalen (Sedi-Wert, Backvolumen, BV), bivariate und partielle (unter Berücksichtigung des Rohproteingehalts, kursiv gedruckt) Korrelationskoeffizienten

	Sedi	BV
ω-Gliadine/Gliadine	0,16 **	0,21 ***
	-0,06 <i>n.s.</i>	0,01 <i>n.s.</i>
Gliadine/Gliutenine	-0,12 <i>n.s.</i>	0,03 <i>n.s.</i>
	-0,13 *	0,08 <i>n.s.</i>
HMWGS/LMWGS	0,18 **	0,09 <i>n.s.</i>
	-0,09 <i>n.s.</i>	-0,12 <i>n.s.</i>
Rohprotein	0,64 ***	0,43 ***

Tab. 3: Sedimentationswerte bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung, aufgeschlüsselt nach Glu-1-Bandenkombinationen

	N	Sedimentationswert	
		ökol.	konv.
Glu A 1	1	27,8 a	35,8 a
	N	26,2 a	33,7 a
Glu B 1	7+9	28,5 a	42,7 a
	6+8	24,3 b	32,1 b
Glu D 1	2+12	24,2 a	32,2 a
	5+10	28,7 b	36,2 a

Literatur

Wieser, H.: Extraktion von Gliadin aus Mehl und Brot und quantitative Bestimmung mittels HPLC. In: Jahresbericht der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (1998), S. 164 ff.

Zur Durchführung von Mittelwertvergleichen in unbalancierten Versuchen

H. P. Piepho*

Einleitung

In vielen Anwendungen ist ein multipler Vergleich von Mittelwerten von Interesse. Hierfür stehen eine Reihe von Tests zur Verfügung, z.B. der multiple t-Test, wenn nur der vergleichsbezogene Fehler 1. Art eingehalten werden soll, und der Tukey-Test, wenn der versuchsbezogene Fehler 1. Art kontrolliert werden soll (Hsu, 1996). Diese Verfahren sind in den gängigen Statistik-Programmen implementiert und somit leicht verfügbar. Allerdings weisen die meisten Pakete zwei gravierende Lücken hinsichtlich der Buchstabendarstellung auf. Die Buchstabendarstellung ist nicht verfügbar im Fall unbalancierter bzw. fehlender Daten sowie für den stufen-spezifischen Vergleich in faktoriellen Versuchen. In diesem Beitrag wird ein Makro vorgestellt, mit welchem diese Lücke bei Verwendung des Statistik Programms SAS geschlossen werden kann.

Unbalancierte Daten

Tab. 1: Ein unbalancierter Datensatz mit vier Behandlungen (künstlich erzeugt). Vollständig randomisierte Anlage.

Behandlung	Wiederholung										Mittelwert	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	28	9										18.5
2	24	9	42	14	25	19	14	20	13	17		19.7
3	37	22	23	22	33	27	17	34	43	44		30.2
4	36	56	29	31	50	44	39	52	34	34		40.5

Zur Erläuterung wird der in Tab.1 wiedergegebene Datensatz verwendet. Alle Vergleiche mit Ausnahme der Vergleiche 1-2 und 1-3 sind nach einem t-Test signifikant ($\alpha=5\%$). Wegen der Unbalanciertheit ist der Standardfehler einer Differenz (s.e.d.) nicht konstant, und es gibt somit keine gemeinsame Grenzdifferenz (Tukey oder t-Test) für alle paarweisen Vergleiche. Trotzdem kann man versuchen, eine Linien/Buchstabendarstellung zu erhalten. Nach der üblichen Methode ist wie folgt vorzugehen:

18,5 [1]	19,7 [2]	30,2 [3]	40,5 [4]

Gemäß dem üblichen Vorgehen würde man die zweite und dritte Linie in die erste absorbieren:

18,5 [1]	19,7 [2]	30,2 [3]	40,5 [4]

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

Dies würde zu folgender Buchstabendarstellung führen:

Behandlung	Mittelwert
1	18,5 ^a
2	19,7 ^a
3	30,2 ^a
4	40,5 ^b

Der Zusatz "Mittelwerte, die mit demselben Buchstaben versehen sind, sind nicht signifikant verschieden", führt hier aber offensichtlich zu einer falschen Aussage, denn die Behandlungen 2 und 3 sind signifikant verschieden, obwohl sie von einer Linie unterstrichen werden und den Buchstaben "a" gemeinsam haben. Die Linie ist nötig, um die Nichtsignifikanz des Vergleichs der Behandlungen 1 und 3 abzubilden. Sie widerspricht aber dem signifikanten Vergleich der Behandlungen 2 und 3. Eine konsistente Liniendarstellung ist daher in diesem Fall unmöglich. Man kann jedoch eine Buchstabendarstellung erhalten (Piepho, 2004). Ein entsprechendes Verfahren ist in dem SAS Makro %MULT umgesetzt (www.uni-hohenheim.de/bioinformatik/).

Faktorielle Versuche

Bei der Auswertung von faktoriellen Versuchen ist es zunächst notwendig, auf Wechselwirkungen zu prüfen. Sind diese signifikant, so müssen Vergleiche für die Stufen eines Faktors getrennt für die Stufen des anderen Faktors durchgeführt werden. Das Makro %MULT kann für solche Vergleiche eine Buchstabendarstellung erzeugen. Ein typischer Aufruf des Makros bei einem zweifaktoriellen Versuch mit den Faktoren Tiefe (4 Stufen) und Bodenbearbeitung (3 Stufen) ist wie folgt:

```
ods output diffs=diffs;
ods output lsmeans=lsmeans;

proc mixed;
  class tiefe block boden;
  model log_nmin=block*tiefe tiefe boden boden*tiefe/ddfm=kr;
  repeated tiefe/sub=block*boden type=arh(1);
  %mult(trt=boden, by=tiefe, level=1);
  %mult(trt=boden, by=tiefe, level=2);
  %mult(trt=boden, by=tiefe, level=3);
  %mult(trt=boden, by=tiefe, level=4);
  %mult(trt=tiefe, by=boden, level=1);
  %mult(trt=tiefe, by=boden, level=2);
  %mult(trt=tiefe, by=boden, level=3);
run;
```

Literatur

- Hsu, J.C. 1996: Multiple comparisons. Theory and methods. Chapman and Hall, London.
- Piepho, H.P. 2004: An algorithm for a letter-based representation of all-pairwise comparisons. Journal of Computational and Graphical Statistics 13: 456-466.

Einsatzmöglichkeiten der Laser-Induzierten-Fluoreszenz zur Differenzierung der dikotylen und monokotylen Unkrautarten

Iryna Tartachnyk & Walter Kühbauch*

Einleitung

Eine wichtige Herausforderung der präzisierten Landwirtschaft ist die Entwicklung der Technik für die gezielte Unkrautbekämpfung. Bei diesem Verfahren werden die Unkräuter differenziert (entsprechend ihrer Konkurrenzkraft und Herbizidempfindlichkeit) behandelt. Die Eignung des Fluoreszenzmessverfahrens für eine Diskriminierung zwischen Unkrautarten wird in jüngerer Zeit aktiv untersucht. Mehrere Untersuchungen deuten darauf hin, dass dieses Verfahren geeignet ist, um es zur Unkrauterkenntnis unter Feldbedingungen einzusetzen (Keränen et al., 2003). Die bisherigen Untersuchungen zur Differenzierung von Unkrautarten wurden allerdings nur anhand von Fluoreszenzaufnahmen der Blattoberseiten durchgeführt. Oft weisen die Pflanzen (besonders Dikotyle) dennoch unterschiedliche Fluoreszenzmuster auf ihren Blattober- und -unterseiten auf (Tartachnyk & Rademacher, 2003). Bei den Messungen im Feld können die Fluoreszenzsignale sowohl von der Blattober- als auch von der -unterseite stammen. Ziel unserer Untersuchung war es, die Fluoreszenzmuster von Blattober- und -unterseiten der Zuckerrüben-, Winterweizen- und Unkrautpflanzen zu vergleichen. Außerdem sollte die Möglichkeit einer Diskriminierung zwischen diesen Arten anhand von Parametern der Laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) von beiden Blattseiten getrennt und gemischt geprüft werden.

Material und Methoden

Für den Versuch wurden die Unkrautarten von drei Gruppen, die mit verschiedenen Herbiziden behandelt werden müssen, ausgewählt: 1) Dikotyle: *Galium aperine* (GALAP), *Cirsium arvensis* (CIRAS); 2) Dikotyle: *Stellaria media* (STEMA), *Viola arvensis* (VIOAR); 3) Monokotyle: *Poa annua* (POAAN), *Apera spica-venti* (APESV), *Alopecurus myosuroides* (ALOMY). Diese Unkräuter wurden im Gewächshaus kultiviert und mit dem Beginn der Keimung tagsüber ins Freie gestellt. Zuckerrüben- (ZURU, *Beta vulgaris*) und Winterweizenpflanzen (WEIZEN, *Triticum aestivum*) wurden für die Fluoreszenzmessungen vom Ackerschlag entnommen. Die Fluoreszenzmessungen erfolgten im Labor an Keim- und Laubblätter. Zur Anregung der Fluoreszenz wurden zwei blaue LED (408 nm) eingesetzt. Die Fluoreszenzintensitäten bei 530 nm (F530), 686 nm (F686), 740 nm (F740), sowie die Reflexion des Laserstrahls (RL633) von den Blattober- (o) und Unterseiten (u) wurden mit einem Spektrometer "FieldSpec™ UV/VNIR" erfasst. Zur Differenzierung von untersuchten Unkraut- und Kulturpflanzen wurde eine lineare Diskriminanzanalyse eingesetzt. Die Diskriminanzanalysen erfolgten durch eine (n= Rekombination der normalisierten gemessenen Parameter: a) der Blattoberseite (n=10), b) der Blattunterseite (n=10), c) der Blattober- und Unterseiten getrennt (n=10), und d) der beiden Blattseiten gemeinschaftlich (n=20).

Ergebnisse und Diskussion

Die Fluoreszenzspektren von Blattober- und Blattunterseiten der dikotylen Arten fielen stark unterschiedlich aus. (Tab). Dabei zeigten die dikotylen Pflanzen höhere RL633- F685-, F685/F740-Werte und zum Teil F740-Werte an der Blattoberseite, als

* Universität Bonn, Institut für Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn

an der Blattunterseite. Die beiden Blattseiten der Gräser zeigten annähernd gleiche LIF-Muster. Dies auf unterschiedlicher Blattstruktur der Mono- und Dikotylenarten zurückzuführen ist, sowie auf die Tatsache, dass das Fluoreszenzsignal von den oben liegenden Zellschichten des Blattes ausgeht.

Tab. 1: Fluoreszenzparameter (F686, F740, F686/F740) und Laserlichtreflexion (RL 633) [rel. Einheiten] der Keimblätter ausgewählter Unkrautarten getrennt nach Blattoberseite (o) und Blattunterseite (u)

Klasse	Pflanzenart	RL 633 o	RL 633 u	F 686 o	F 686 u	$\frac{F 686 o}{F 740 o}$	$\frac{F 686 u}{F 740 u}$
Monokotyle	ALOMY	389	340	1638	1082	0,93	0,85
	APESV	400	370	1223	1159	0,91	0,91
	POAAN	259	272	500	450	0,86	0,84
	WEIZEN	376	338	1847	1592	0,90	0,94
	Mittel	356 a	330 a	1302 a	1071 a	0,90 a	0,88 a
Dikotyle	CIRAR	738	844	798	1505	0,78	1,28
	GALAP	534	821	1298	3014	0,68	1,28
	STEMA	591	1000	1174	2195	0,78	1,25
	VIOAR	454	783	767	2063	0,73	1,27
	ZURU	753	807	316	1589	0,82	1,30
	Mittel	614 a	851 b	870 a	2074 b	0,76	1,28

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalysen weisen darauf hin, dass sich die untersuchten mono- und dikotylen Arten bei Keim- und Laubblätter anhand von Parametern der Blattunterseite zu 100% richtig unterscheiden konnten. Mit gleichem Erfolg konnten Mono- und Dikotyle diskriminiert werden, falls die Möglichkeit besteht, die LIF-Parameter von Blattober- und Unterseiten getrennt zu betrachten. Anhand von Blattoberseiteparametern konnten beim Keimblattstadium ca. 93% der Pflanzen richtig aufgetrennt werden. Interessanterweise, bei der Auswertung mit gemischten Messwerten der beiden Blattseiten blieb der Prozentwert von richtig auf mono- und dikotyle differenzierten Pflanzen auf dem gleichen Niveau.

Bei der Untersuchungen an den Laubblättern konnten anhand von Blattoberseiteparametern ca. 90% Pflanzen richtig auf mono- und dikotyle getrennt werden. Bei der Auswertung mit gemischten Messwerten der beiden Blattseiten sank der Prozentwert von richtig auf mono- und dikotyle differenzierten Pflanzen auf 86%. Das heißt, dass anhand von gemischten Messwerten der beiden Seiten sich dikotyle und monokotyle Arten schlechter bei den Laubblättern trennen ließen als bei den Keimblättern.

Diese Ergebnisse zeigen ein großes Potenzial der LIF für die Differenzierung von dikotylen und monokotylen Unkrautarten. Bei der Anwendung der LIF in der Praxis müssen die Unterschiede in den Fluoreszenzmustern von Ober- und Unterseiten der dikotylen Pflanzen berücksichtigt und benutzt werden.

Literatur

- Tartachnyk, I. und I. Rademacher 2004: Estimation of nitrogen deficiency of sugar beet and wheat using parameters of laser induced and pulse amplitude modulated chlorophyll fluorescence. J. of Applied Botany. 77: 61-67.
- Keränen, M.; E.M. Aro und E. Tyystjärvi 2003: Automatic plant identification with chlorophyll fluorescence fingerprinting. Precision agriculture, 4, Kluwer Academic Publishers: 53-67.

Site-specific application of fungicides – Technologies and tools to identify pathogens and for decision support

Simone Graeff*, William David Batchelor** & Wilhelm Claupein*

Introduction

It is well known that disease epidemics can vary spatially within cereal crops, thus resulting in variations in treatment needs (Bjerre and Secher, 1998). As demonstrated by Secher (1997) disease control might be optimized if fungicides get applied on a site-specific scale, resulting in more sustainable agricultural cropping systems and reduced environmental impact. In order to apply fungicides on a site-specific scale, non-intrusive sensor technologies for disease identification and tools to support fungicide spray decisions will have to be developed. Aerial photographic and ground-truthing techniques may be applied to detect crop stress or damage inflicted by pathogens. Mapping these areas within a field may be useful in identifying zones suitable for initial treatment to prevent further spread or for directing the differential application of fungicides over the entire field.

However, site-specific disease management is still a very new area in the context of precision agriculture, where little research and almost no practical experience are available. By linking soil, crop, pest, and environmental features into process-oriented crop models, crops can be managed better, resulting in more economic returns and reducing potential negative impacts of agricultural activities on the environment. The models will have to be coupled with site-specific data sets (mainly nitrogen, water, LAI, and biomass), important for the possible development of diseases. It is assumed, that site-specific differences in these parameters enhance or limit the outbreak and further development of diseases. By integrating these parameters into a crop model, a disease outbreak forecast module can be developed to alert producers of possible disease outbreaks. Such a module should also allow producers to evaluate the economic consequences of treatment decisions. Further on, yield simulations might be more precise if the model can account for disease outbreaks. Hence, there is a need to integrate disease outbreaks and progress on a site-specific scale into process-oriented models and to select suitable coupling points within the models.

Material and Methods

Characterizing the increase in disease over time provides a basis for both the prediction and the explanation of plant disease epidemics as well as for the estimation of the effect of the disease on crop yield losses. Generally, if an aggregated pattern of disease leads to a reduction in compensatory growth by healthy plants, yield loss is increased by comparison with a more uniform pattern of disease at the same mean level. Thus, more accurate appraisal of potential crop yield reductions may require disease progress models which can account for both the temporal and spatial variability of disease. A modeling framework has to be developed that takes discrete individuals and explicit spatial as well as temporal structures into account. Differential equations and their integrated forms can be used to produce disease progress curves that resemble those typically observed in field disease levels. Generic cou-

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** Agricultural and Biosystems Engineering, 219b Davidson Hall, Iowa State University, Ames, IA 50011, US

pling points for damage computation of diseases within the model may either be the loss of photosynthetic active plant tissue due to enhanced senescence or tissue turning necrotic as well as the disruption of plant processes (e.g. photosynthesis). Conceptually, plant diseases can be simulated in crop models by subtracting biomass from the pools being consumed or by reducing rates of processes affected by the diseases. The CROPGRO and CERES models are a series of process-oriented models that predict daily increases in a vegetative and reproductive growth and development. Daily increases in biomass are computed by partitioning photosynthate to vegetative, reproductive and root components. The models compute growth of plant organs on a daily time step. Biomass is maintained in separate pools for each major plant component. For the CROPGRO model a pest module already exists with suitable coupling points for simulating pest impact on crops like soybean, peanut etc. However, pest simulation is missing in the CERES- family of models and needs to be developed and implemented in the appropriate subroutines.

Results and discussion

Figure 1 shows exemplarily the effect of a hypothetical foliar disease on leaf weight [kg ha^{-1}]. Leaf weight is added to leaf mass pool daily during the vegetative growth period of the crop (until day 90). A foliar disease incidence can then reduce the biomass in the leaf pool according to the daily disease inflict. If the model does not take the disease incidence into account (Fig. 1a) leaf weight is only reduced by the normal level of senescence at the particularly growth stage. In Figure 1b the model accounts for the reduction in leaf weight. Due to leaf losses, physiological processes and final yield will be affected leading to a more precise simulation of final crop yield.

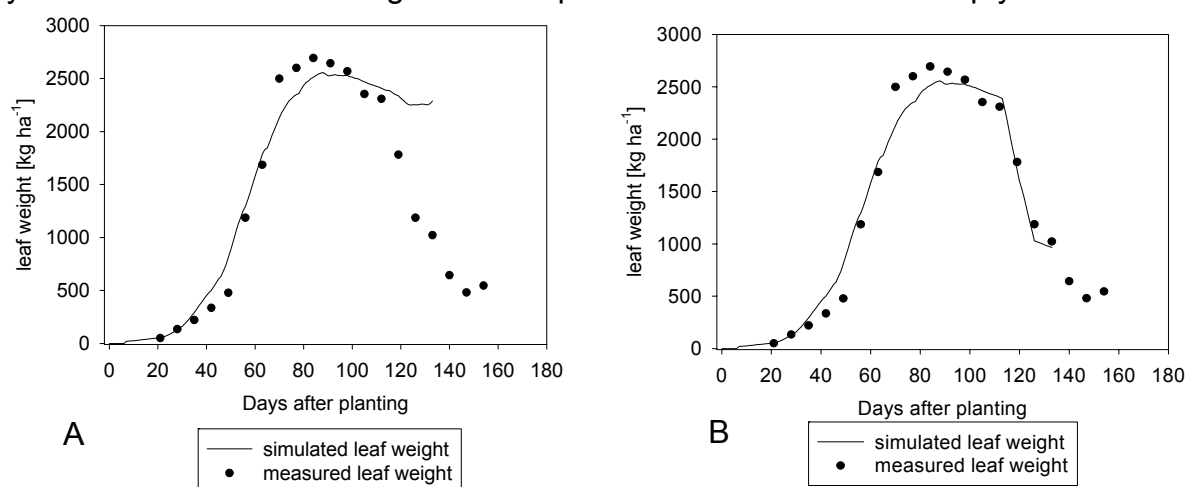


Fig. 1: Simulated (-) and measured (•) leaf weight [kg ha^{-1}] of crops affected by foliar diseases. Figure A indicates a simulation run without taking the disease incidence into account, whereas the model in figure B accounts for the disease impact. The spatial and temporal complexity of disease behavior provides an opportunity to integrate numerous strategies to manage pests in agro-ecosystems. The ability to integrate disease progress information into crop models will be essential for the decision-making process. Continued research in this area is required.

Literature

- Bjerre, K.D. and B.J.M Secher 1998: Field experience with site-specific application of fungicides to winter wheat. Brighton Crop Protection Conference – Pests and diseases, pp. 987-992.
 Secher, B.J.M. 1997: Site-specific control of diseases in winter wheat. Aspects of Applied Biology 48: 57-64.

Integration teilflächenspezifischer Informationen in ein Umweltmanagementsystem

Norman Siebrecht, Maximilian Kainz & Kurt-Jürgen Hülsbergen*

Einleitung

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Umweltbewertungs- und Managementsysteme für die Landwirtschaft entwickelt, z.B. in Deutschland die Systeme KUL (**K**ritische **U**mweltbelastungen **L**andwirtschaft, Eckert et al. 2000) und REPRO (**R**eproduktion der Bodenfruchtbarkeit, Hülsbergen 2003), in Großbritannien das System EMA (**E**nvironmental **M**anagement for **A**griculture, Lewis & Bardon 1998). Diese Modelle unterscheiden sich hinsichtlich der betrachteten Systemebenen. Während KUL überwiegend betriebsbezogene Aussagen trifft, bietet REPRO die Möglichkeit schlagbezogener Analysen. Der Schlag wird dabei als homogene Einheit bezüglich der Standortbedingungen und der Bewirtschaftung betrachtet.

REPRO wird künftig so weiter entwickelt, dass teilschlagspezifische Daten (Standort, Verfahren, Erträge) eingelesen und verarbeitet werden können. Dies vereinfacht die Datenerfassung, die Aussagen werden präziser und können besser in konkrete Maßnahmen umgesetzt werden. Am Beispiel der Erosion wird exemplarisch untersucht, wie teilflächenspezifische Informationen in das Managementsystem REPRO mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) integrierbar sind.

Material und Methoden

Das Modell REPRO ist ein computergestütztes Umweltmanagementsystem für landwirtschaftliche Betriebe. Ein Schwerpunkt des Programms ist die Analyse betrieblicher Stoff- und Energieflüsse. Weitere zu analysierende Umweltbereiche sind u. a. die Humusreproduktion, Bodenschadverdichtung, Bodenerosion und Biodiversität. Die Schätzung des Bodenabtrags durch Wassererosion erfolgt bisher schlagbezogen nach der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG). Das Gelände wird dabei durch einen Hang beschrieben, der den Schlag charakterisiert (a). Im Vergleich dazu wird ein GIS-basiertes Verfahren angewendet, das ein Digitales Geländemodell (2 x 2 m Raster) für die Abbildung des Geländes nutzt (b). Die Ergebnisse der beiden Verfahren werden gegenübergestellt.

Untersuchungsbetrieb ist die Versuchsstation Viehhausen der TU München (Ø Jahresniederschlag 780 mm, Ø Temperatur 7,8 °C). Sie liegt im lößlehmreichen oberbayerischen Tertiärhügelland. Es dominieren sL-IS-Böden mit mittlerer bis starker Hangneigung. 1995 wurde der Betrieb auf Ökologischen Landbau umgestellt mit der Fruchtfolge: 1. Klee gras, 2. Winterweizen, 3. Triticale, Sommergerste oder Körnermais, 4. Erbse oder Sojabohne, 5. Winterweizen.

Ergebnisse und Diskussion

Die schlagbezogene Methode (a) führt generell zu höheren Abtragswerten, weil nur der dominierende Hang in die Erosionsabschätzung einbezogen wird. Da die rasterbezogene Erosionsabschätzung (b) die Heterogenität des Geländes berücksichtigt, gleichen sich Bereiche mit hohen und niedrigen Abtragswerten aus. Die schlagbezogene Methode (a) liefert ein Wert des Bodenabtrags, die rasterbezogene Methode (b) hingegen innerhalb des Schlages differenzierte Werte (Abb. 1). Durch diese Vorgehensweise wird es möglich, gezielt die Problembereiche des Schlages zu

* Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

identifizieren: die durchgezogene Linie kennzeichnet einen Bereich mit sehr hohem Bodenabtrag ($\approx 15,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$), auf dem geeignete Erosionsschutzmaßnahmen (z.B. Mulchsaat) zu etablieren sind.

Nach beiden Verfahren (a) und (b) ist der berechnete mittlere Bodenabtrag im Schlagmittel kleiner als der nach der Ackerzahl abgeleitete tolerierbare Bodenabtrag und die Umweltleistung des Betriebes würde in diesem Punkt positiv bewertet werden. Bei einer teilschlagbezogener Betrachtung übersteigt der Abtrag auf der in Abb. 1 gekennzeichneten Teilfläche den Toleranzwert deutlich und das Ergebnis der Bewertung wäre somit, zumindest für diese Teilfläche, eine negative Umweltwirkung. In wieweit die z.B. in REPRO implementierten Bewertungsansätze für die flächendifferenzierende Bewertung von Umweltwirkungen anzuwenden sind ist zu prüfen. Gegebenenfalls sind die Bewertungsansätze anzupassen.

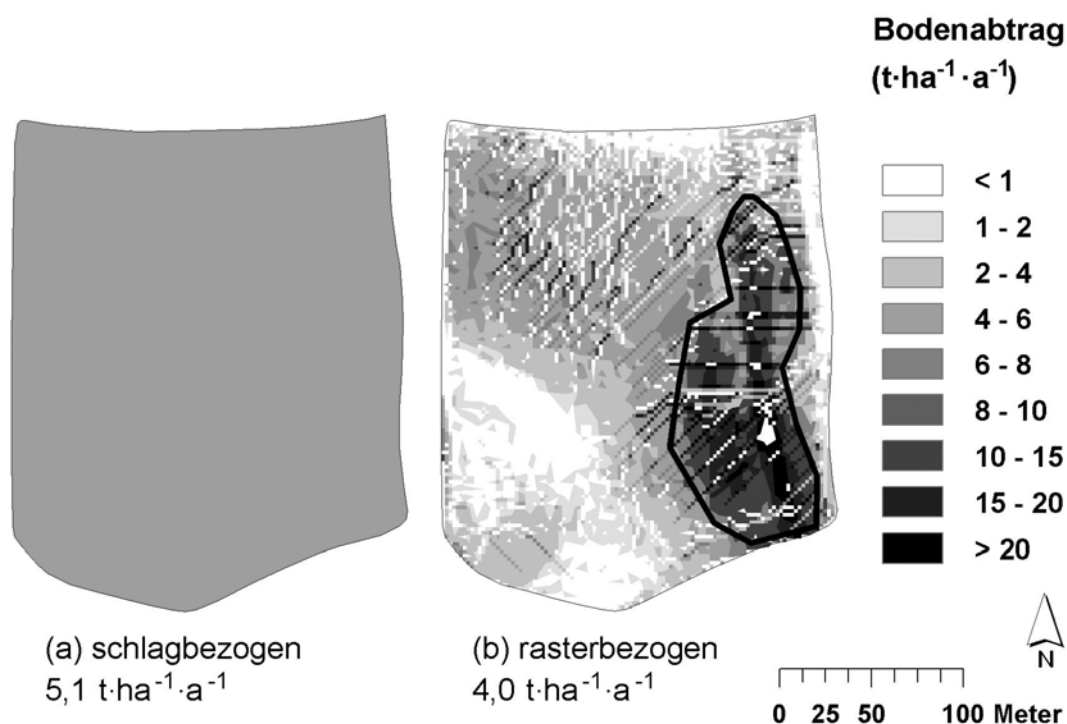


Abb. 1: Erosionsabschätzung, Versuchsstation Viehhausen, Schlag 10b

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Kopplung des Modells REPRO mit einem GIS eröffnet neue Möglichkeiten der Analyse und Optimierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme. Derzeit wird eine neue Modellkomponente zur teilschlagbezogenen Abschätzung potenzieller Stickstoffverluste konzipiert. Eine weitere Modellerweiterung betrifft die Integration nichtlandwirtschaftlicher Flächen, z.B. der Strukturelemente in der Agrarlandschaft, mit dem Ziel, Aussagen zum Naturschutz und zur Landschaftsästhetik treffen zu können.

Literatur

- Eckert, H., Breitschuh, G. & Sauerbeck, G. (2000): Criteria and Standards for sustainable agriculture. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 337-351.
- Lewis, K.A. & Bardon, K.S. (1998): A computer-based informal environmental system for agriculture. *Environmental Modelling & Software* 13, 123-137.
- Hülsbergen, K. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Halle.

Ansätze zur Abschätzung des Einflusses der Wurzelsystemarchitektur auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze

Michael Kohl & Henning Kage*

Einleitung

Die Fähigkeit der Pflanze, Wasser und Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen, kann stark von der Architektur des Wurzelsystems beeinflusst werden.

Ziel des vorgestellten Forschungsvorhabens ist die Erfassung von Wechselwirkungen zwischen Architektur und Funktion des Wurzelsystems und deren Modellierung mit Hilfe eines kombinierten Wurzelstruktur- und Funktionsmodells.

Material und Methoden

Es wurde ein kombiniertes Struktur- und Funktionsmodell in Delphi 5 (Inprise) entwickelt. Das *Strukturmodell* basiert auf einem für die Kulturart Mais programmierten dreidimensionalen, dynamischen Wachstumsmodell (Pagès und Jordan 1991). Um das Modell für die Kulturart Sommergerste (Sorte Barke) zu kalibrieren, werden aus Profilwandaufnahmen und eingescannten Bildern ausgewaschener Wurzeln relevante Strukturparameter gewonnen (Wachstumsraten, Länge und Durchmesser von Wurzelsegmenten, Insertionswinkel von Seitenwurzeln).

Es wurde eine Schnittstelle zum Funktionsmodell implementiert. Hierfür werden die genauen Positionen von Wurzelschnittpunkten mit gedachten horizontalen Ebenen ermittelt. Mit Hilfe der Dirichlet-Tessellation können den Schnittpunkten Einzugsgebiete zugewiesen werden, die als Voronoi-Polygone bezeichnet werden (Abb. 1).

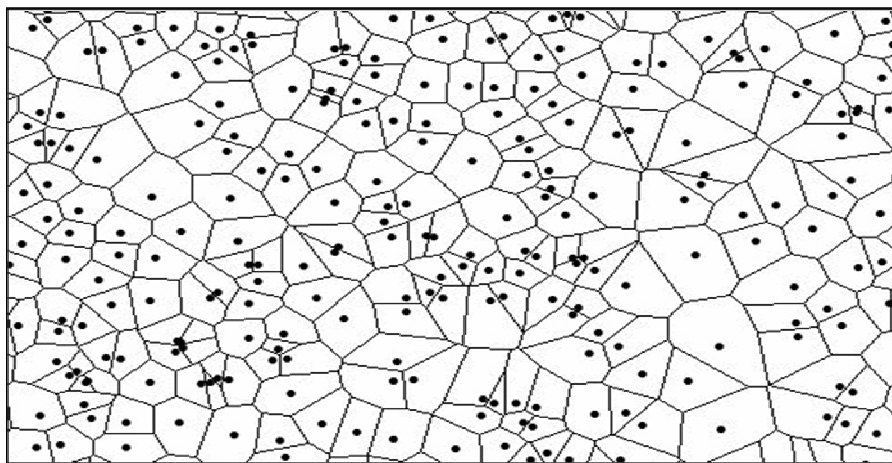


Abb. 1: Schnittpunkte von Wurzeln mit einer Querschnittsebene (Punkte) und berechnete korrespondierende Einzugsgebiete (Voronoi-Polygone).

Aus dem Mittelwert und dem Variationskoeffizienten der Fläche der Polygone lassen sich für bestimmte Bodenschichten Kennzahlen einer Verteilungsfunktion der Wurzellängendichte schätzen, die als Eingabeparameter für das Funktionsmodell fungieren.

Das *Funktionsmodell* verwendet das sog. Einzelwurzelmodell (Nye and Spiers 1964) als Grundlage für die Modellierung des Stickstoffaneignungsvermögens: Das

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewaldstr. 9, 24118 Kiel. Email: kohl@pflanzenbau.uni-kiel.de

Wurzelsystem wird hier näherungsweise durch homogen verteilte, zylindrische Bodenkörper beschrieben, die parallel angeordnet sind. Die Grundfläche des Zylinders, in deren Mitte sich die Wurzel befindet, entspricht dabei dem Einzugsgebiet der einzelnen Wurzel. Für das Einzelwurzelmodell wurde ein eindimensional-stochastischer Ansatz zur Betrachtung der Nährstofftransportvorgänge in einer Bodenschicht entwickelt, der es gestattet, die Variabilität der Durchwurzelungsintensität zu berücksichtigen. Dabei werden maximale Nährstoffaufnahmeleistungen für einzelne Klassen unterschiedlicher Wurzellängendichten innerhalb einer Bodenschicht berechnet. Auf diese Weise kann der Einfluss der durch die Architekturparameter bestimmten Variation der Durchwurzelungsintensität im Funktionsmodell berücksichtigt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Berechnungen mit dem Funktionsmodell zeigen, dass die Variabilität der Durchwurzelungsintensität innerhalb einer Bodenschicht großen Einfluss auf die Aufnahmeleistung des Wurzelsystems hat (Abb. 2). Bei angenommener gleichmäßiger Verteilung (Variationskoeffizient (VK) = 0) errechnet das Modell eine bis zu 2,2-fach höhere N-Aufnahme innerhalb einer Bodenschicht als für sehr stark aggregierte Verteilungsmuster (VK = 400).

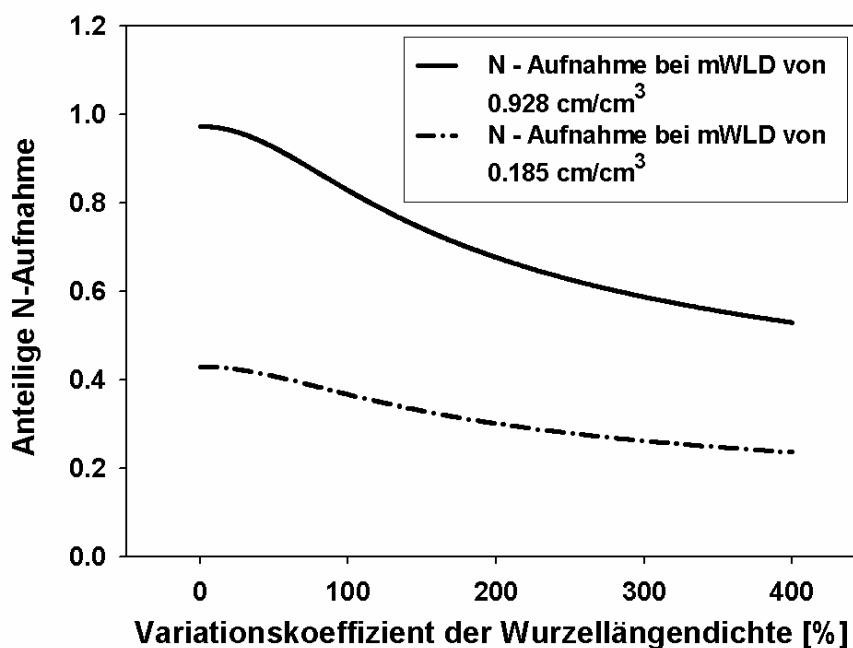


Abb. 2: Einfluss variabler Durchwurzelungsintensität auf die N-Aufnahme bei verschiedenen mittleren Wurzellängendichten (mWLD).

In einem nächsten Schritt soll die Stickstoffaufnahme für die vom Strukturmodell gelieferten Eingabeparameter berechnet und mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse der Einfluss verschiedener Wurzelstrukturparameter auf die Funktionalität des Wurzelsystems evaluiert werden.

Literatur

- Pagès, Loïc; Jordan, M.O. 1991: Root structure of corn (*Zea mays* L.). II. A three-dimensional simulation model. *Developments in agricultural and managed-forest ecology* 24: 608-619.
- Nye, P.H.; Spiers J.A. 1964: Simultaneous diffusion and mass flow to plant roots. Paper presented at the 8th Int. Congr. Soil Sci. (Bucarest).

Einfluss von Unsicherheit auf die optimale N-Düngermenge und die N-Bilanz

Johannes Henke*, Henning Kage & Klaus Sieling

Einleitung

Die Bemessung der optimalen N-Düngermenge muss steigende N-Kosten und schwankende Produktpreise berücksichtigen. Zusätzlich spielen verschärfte Umweltanforderungen, wie begrenzte N-Bilanzsalden, eine immer wichtigere Rolle. Innerhalb der in Nord-West-Deutschland üblichen Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste ist besonders der Raps wegen seiner hohen N-Reste nach Ernte als kritisch zu beurteilen. Aber auch nach Qualitätsweizenanbau mit hohen N-Spätdüngungsgaben können signifikante N-Überschüsse vorhanden sein. Die exakte Ermittlung der optimalen N-Düngermenge (N_{opt}) ist daher Voraussetzung den zunehmenden ökonomischen und ökologischen Anforderungen gerecht zu werden.

Für die Bestimmung von N_{opt} werden unterschiedliche, beschreibende statistische Modelle herangezogen, wie z.B. die quadratische Funktion, das sogenannte Linear-Response-Plateau Modell, welches auch als Liebig-Funktion bekannt ist (Cerrato und Blackmer 1990) und auch eine Kombination beider Ansätze, das sogenannte „quadratic-plateau“ Modell. Es ist jedoch meist nicht im voraus bekannt, welches Modell den Zusammenhang zwischen Ertrag und N-Düngung am besten beschreibt. Auch die Bestimmung der Funktionsparameter kann anhand von Feldversuchsdaten nur mit begrenzter Genauigkeit erfolgen. Weiterhin wird der *ex post* ermittelte Zusammenhang zwischen N-Düngung und Ertrag für *ex ante* Düngeempfehlungen herangezogen.

Ziel dieser Untersuchung war es optimale Düngermengen und N-Bilanzen in einer Raps-Weizen-Gerste Fruchtfolge unter Verwendung von drei Produktionsfunktionen zu bestimmen. Weiterhin wurden drei Arten von Unsicherheiten, nämlich die Wahl des Modells, die jährliche Variation und die Parameterschätzung berücksichtigt.

Material und Methoden

Die Versuchsdaten basieren auf einem Versuch, der von 1996 bis 2002 auf dem Versuchsgut Hohenschulen durchgeführt wurde. In einer Raps-Weizen-Gerste Fruchtfolge wurde die N-Düngung zu den drei Kulturen in Höhe und Verteilung variiert (32 verschiedenen N-Düngungsvarianten). Es wurde rein mineralisch mit Kaliumammonsalpeter (KAS) gedüngt, zu Raps zusätzlich Schweinegülle. Zur Beschreibung der Beziehung zwischen N-Düngung und Ertragsleistung wurden den Versuchsdaten der drei Kulturen eine Linear-Plateau-Funktion (LP), eine Quadratische-Plateau-Funktion (QP) und eine Quadratische Funktion (Q) für die einzelnen Jahre angepasst. Die optimalen Düngermengen (N_{opt}) wurden als wirtschaftlich optimale Düngermengen bei maximalen N-Kosten freien Leistungen (NKfL), definiert als Erlös minus N-Kosten, die N-Bilanzsalden als vereinfachte Flächenbilanz aus der Düngermenge abzüglich dem N-Entzug mit dem Erntegut berechnet. Weiterhin wurde eine konstante optimale Düngermenge über die Jahre durch Maximierung der Summe der NKfL bestimmt. Um Unsicherheiten in der Parameterschätzung der Funktionen zu berücksichtigen wurde für LP und Q eine Monte-Carlo Simulation durchgeführt. Dabei wurden unter Annahme einer multivariaten Normalverteilung mit korre-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

lierten Parametern für jedes Jahr 10000 zufällige Kombinationen der Funktionsparameter generiert und die optimale Düngermenge erneut jährlich und als konstante Düngermenge über die Jahre bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die *ex post* errechneten jährlichen optimalen Düngermengen in den drei Kulturen variierten stark, wobei mit Q, gefolgt von QP und LP die höchsten optimalen N-Düngermengen bestimmt wurden. Der Unsicherheitsfaktor Modellwahl zeigte deutliche Unterschiede in der optimalen N-Düngermenge und der N-Bilanz. Die jährlichen N-Bilanzen stiegen in der Reihenfolge Gerste, Weizen, Raps stark an (Tabelle 1). Die Berücksichtigung der jährlichen Variabilität als einen weiteren Unsicherheitsfaktor führte tendenziell zu einer erhöhten N-Düngermenge und zu einer erhöhten N-Bilanz. Im Vergleich zum Mittel der jährlich optimalen N-Düngermengen stiegen die konstanten optimalen N-Düngermengen mit der Ausnahme von QP im Raps an, ebenso die N-Bilanzen mit der Ausnahme von Q (Tabelle 1). Die Simulation des Unsicherheitsfaktors Modellparameter durch eine Monte-Carlo Simulation bei LP und Q führte zu einer weiteren Erhöhung sowohl der jährlich optimalen als auch der konstanten optimalen N-Düngermengen beim LP-Modell (Tabelle 1). Beim Q-Modell war dies jedoch nicht generell der Fall.

Die Berücksichtigung der unterschiedlichen Unsicherheitsfaktoren führte tendenziell zu einer Erhöhung von Nopt. Diese Effekte waren besonders beim LP-Modell deutlich, sowohl in den Jahreseffekten als auch bei der Simulation der Funktionsparameter. Dieses Phänomen lässt sich mit dem linearen, waagerechten Verlauf der Funktion überhalb von Nopt erklären, wohingegen bei der quadratischen Funktion die Kurve ab dem Ertragsmaximum abfällt.

Tab. 1: Zusammenfassung der verschiedenen berechneten optimalen N-Düngermengen und den dazugehörigen N-Bilanzen

	LP	QP	Q	LP	QP	Q	LP	Q	LP	Q
	Opt. N-Düngermenge			Konst. opt. N-Düngermenge			Opt. N-Düngermenge Monte-Carlo		Konst opt. N-Düngermenge Monte-Carlo	
Raps	174	231	240	189	239	222	186	242	202	225
Weizen	123	150	181	151	162	184	133	183	156	188
Gerste	105	130	149	138	132	145	111	149	136	148
	N-Bilanzsaldo (kg N/ha)			N-Bilanzsaldo (kg N/ha)			N-Bilanzsaldo (kg N/ha)		N-Bilanzsaldo (kg N/ha)	
Raps	52	101	105	67	108	93	63	109	78	96
Weizen	-32	-12	6	-5	3	15	-18	15	-2	18
Gerste	-14	6	16	23	19	26	0	29	21	28
Ø	8	36	48	28	43	45	15	51	32	47

Literatur

- Cerrato, M. E.; A. M. Blackmer 1990: Comparison of Models Describing Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer. *Agronomy Journal* 82: 138-143.
- Collwell, J. D. 1994: Estimating Fertilizer Requirements. A Quantitative Approach. CAB International, Wallingford.

Mikronährstoffversorgung in einem Langzeitversuch mit Stallmist- und mineralischer Düngung; pflanzenbauliche Konsequenzen für den Ökologischen Landbau

Meike Fischer*, Joachim Raupp**, Meike Oltmanns** & Volker Römheld*

Einleitung

Mikronährstoffe haben wesentliche Funktionen im pflanzlichen Stoffwechsel und sind vor allem für die Toleranz gegen abiotische und biotische Stressfaktoren von Bedeutung. Als Hinweis auf die Mikronährstoffversorgung im ökologischen Landbau wurden Boden- und Pflanzenproben des Langzeit-Düngungsversuchs Darmstadt untersucht, in dem seit über 20 Jahren Rottemist- und Mineraldüngung verglichen werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde 1980 auf einer Sand-Braunerde (9,5°C, 590 mm Jahresmittel) begonnen und vergleicht Rottemistdüngung ohne (RM) und mit (RMBD) Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate und Mineraldüngung (MIN) in jeweils drei Stufen von 50 bis 150 kg N_t ha⁻¹ in 4 Wiederholungen. Es wurden die Gesamtgehalte an Mn, Zn, Cu, und Fe des Bodens, die extrahierbaren Mengen (CAT-Standard-Methode) sowie die Konzentrationen dieser Nährstoffe in Kartoffelblättern (*Quarta*) untersucht. Die Gehalte an extrahierbaren Mikronährstoffen im Boden wurden als Indikator der pflanzenverfügbaren Fraktionen verwendet. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SAS (Prozedur MIXED) vorgenommen. Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$).

Tab. 1: Extrahierbares Mangan und Zink (mg kg⁻¹TS) sowie pH-Wert im Oberboden

Variante	Mn	Zn	pH
RM	101	5,4 a	6,7 a
RMBD	94	5,4 a	6,7 a
MIN	97	4,0 b	6,5 b

Ergebnisse und Diskussion

Die organisch gedüngten Parzellen enthielten größere Mengen extrahierbaren Zinks als die mineralisch gedüngten (Tab.1). Da Zink in der Tierernährung zugefüttert wird, ist die Zufuhr über Mist hier vermutlich der ausschlaggebende Faktor für die höheren Gehalte der Stallmist-Parzellen. Mangan zeigte keine düngerelevanten Unterschiede. Da die organische Düngung zu höheren C_{org}-Gehalten geführt hat (Raupp, 2001), hat eine stärkere Komplexierung von Mikronährstoffen an organische Verbindungen wohl die Unterschiede im Angebot bei der Pflanzenaufnahme kompensiert. Die Böden sind aufgrund ihrer Gehalte an extrahierbaren Mikronährstoffen in die Versorgungs-kategorie hoch bis sehr hoch einzustufen (VDLUFA, 2002).

* Institut für Pflanzenernährung (330), Universität Hohenheim, Stuttgart

** Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., IBDF, Darmstadt

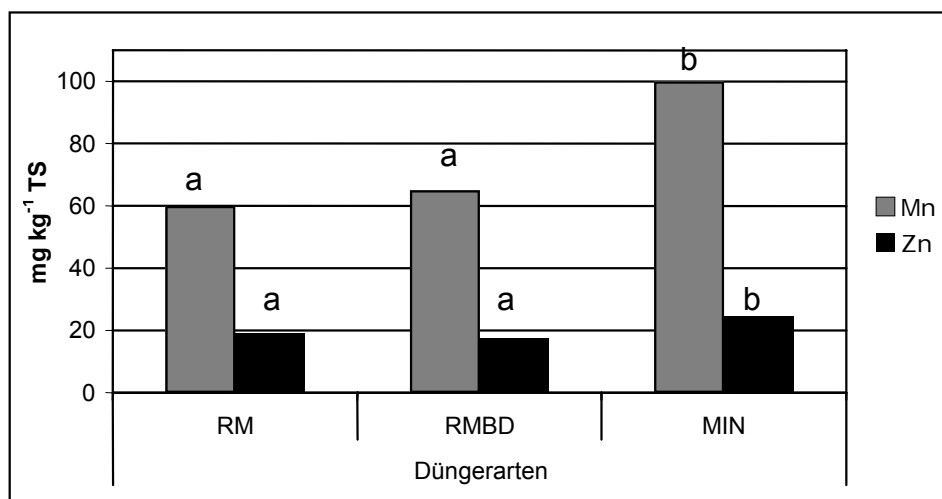


Abb. 1: Mangan- und Zinkgehalte in jüngsten vollentwickelten Kartoffelblättern

Die Mikronährstoffkonzentrationen in Kartoffelblättern zeigten dem Boden gegenüber deutliche Unterschiede. Die organisch gedüngten Kartoffeln haben deutlich geringere Mangangehalte als die mineralisch gedüngten; auch die Zinkgehalte sind bei organischer Düngung geringer als bei mineralischer (Abb. 1). Jedoch befindet sich keine der Behandlungen im Mangelbereich. Die Mengen an extrahierbaren Mikronährstoffen im Boden zeigten keine Übereinstimmung mit den Gehalten der Pflanzen. Die Extraktionsmethode erfasst an diesem Standort möglicherweise erheblich mehr als nur die direkt pflanzenverfügbare Fraktion. Die Aneignung durch die Pflanzen wurde offenbar von weiteren Faktoren bestimmt, z.B. von den Rhizosphärenbedingungen (pH, Mikroflora).

Niedrige Mikronährstoffkonzentrationen können die Stresstoleranz der Pflanzen senken, wie z.B. bei Mangan und *Gaeumannomyces graminis* an Weizen gezeigt wurde (Kirkby & Römheld, 2004). Um eine bessere Krankheits- und Schaderreger-Resistenz sowie Stresstoleranz im ökologischen Landbau zu erreichen, sollten Strategien geprüft werden, die die Mikronährstoffaneignung der Pflanzen fördern. Dazu gehören z.B. Management des Rhizosphären-pH oder verstärkter Anbau von Pflanzen wie z.B. Hafer, die eine besonders hohe Fähigkeit zur Mikronährstoffmobilisierung in der Rhizosphäre haben oder die Anwendung Mikronährstoff-mobilisierender Mikroorganismen wie z.B. *Trichoderma* oder die Selektion Mikronährstoff-effizienter Sorten und die Selektion von Saatgut, das einen hohen Mikronährstoffgehalt aufweist.

Literatur

- Kirkby, E.A.; Römheld, V. (2004) Micronutrients in Plant Physiology: Functions, Uptake and Mobility. Proceedings No. 543, International Fertiliser Society, York, UK. 1-51
- Raupp, J. (2001) Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial. In: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (eds.), Sustainable management of soil organic matter. CAB International, Wallingford UK; 301-308
- VDLUFA (Hrsg.), 2002. Bestimmung von Magnesium, Mangan, Kupfer, Zink und Bor aus dem CAT-Auszug. Abschlussbericht der Fachgruppe Bodenuntersuchung, Oldenburg. <http://www.vdlufa.de/intern/fgii/catbericht.pdf>

N-Rhizodeposition bei Leguminosen: Messgenauigkeit, Modellierung und Bedeutung für den Pflanzenbau

Knut Schmidtke*

Einleitung

Pflanzen geben aufgenommenen Stickstoff während ihres Wachstums zum Teil wieder über die Wurzel in den Boden ab (N-Rhizodeposition). Da bei Leguminosen in der Regel ein Teil des über N-Rhizodeposition in den Boden abgegebenen Stickstoffs aus der symbiotischen N₂-Fixierung stammt, gewinnt dieser Stickstoffzufluss in den Boden für die Bemessung des N-Vorfruchtwertes von Leguminosen und der Erstellung von N-Flächenbilanzen beim Anbau von Leguminosen besondere Bedeutung. Zur Ermittlung der Höhe der N-Rhizodeposition wird während des Wachstums der Leguminose deren Wurzel mit ¹⁵N angereichert und zur Ernte der Pflanze der ¹⁵N-Anreicherungsgrad des Bodens, in der die Leguminose gewachsen ist, ins Verhältnis zum ¹⁵N-Anreicherungsgrad der markierten Leguminosenwurzel gesetzt, um den Anteil des über N-Rhizodeposition in den Boden gelangten Stickstoffs zu schätzen. Der ¹⁵N-Anreicherungsgrad des Bodens und der Wurzel muss hierbei um den Anreicherungsgrad des Hintergrundes korrigiert werden, um den ¹⁵N Überschuss in Boden und Pflanze zu berechnen. Da bei bisherigen Untersuchungen zur Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Leguminosen verschiedene Hintergrundwerte (z.B. der natürliche ¹⁵N-Anreicherungsgrad des atmosphärischen N₂ oder einer nichtlegumen Referenzfrucht) genutzt wurden, ist nicht klar ersichtlich, welche Hintergrundwerte in die Formel eingesetzt werden müssen, um valide Schätzergebnisse gewinnen zu können. Ferner liegen bisher keine Angaben vor, welcher Grad an ¹⁵N-Anreicherung in der markierten Leguminosenwurzel erreicht werden sollte, um eine hinreichend hohe experimentelle Genauigkeit bei der Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Pflanzen zu erzielen.

Material und Methoden

Auf der Grundlage von Ergebnissen eines Split-root-Experimentes mit der Erbse (*Pisum sativum* L.) wurde eine Modell zur Beschreibung der Stickstoff- und N-Isotopenflüsse für Versuche zur Ermittlung der N-Rhizodeposition entwickelt (Schmidtke, 2005a). Nachstehende Größen gehen in das Modell ein: N-Menge und ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis des Stickstoffs im Boden zu Beginn des Experiments (1), aus dem Bodenvorrat stammende, pflanzenverfügbare N-Menge und dessen ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis (2), N-Aufnahme und ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis des gedüngten, ¹⁵N-angereicherten Stickstoffs (3), N-Aufnahme und ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis des aus der Symbiose stammenden Stickstoffs (4), Faktor zur Beschreibung der disproportionierten N-Isotopenverteilung zwischen der Leguminosenwurzel, die im Gefäß mit Boden gewachsen ist, und der Gesamtpflanzlichen Biomasse der Leguminose (N-Menge in Spross und Wurzel sowie der über Rhizodeposition in den Boden abgegebenen N-Menge (5)) sowie Höhe der N-Rhizodeposition (6). Um die experimentelle Genauigkeit bei der Schätzung der Höhe der N-Rhizodeposition ermitteln zu können, wurde das Modell zur Durchführung einer Monte-Carlo-Simulation genutzt. Die experimentelle Messgenauigkeit wurde hierbei ermittelt als eine Funktion der zwei fixen Faktoren Messgenauigkeit des Isotopenmassenspektrometers zur Detektion des ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnisses in Boden

* Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau/Landespflege, Stiftungsprofessur Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden.

und Pflanze (I) und der Messgenauigkeit des Elementaranalysators bei der Bestimmung des N-Gehaltes im Boden (II) sowie als eine Funktion der zwei variablen Größen ^{15}N -Anreicherungsgrad der Wurzel (III) und des Verhältnisses zwischen der N-Menge, die über Rhizodeposition in den Boden gelangt, und der N-Menge im Boden, die zu Beginn des Experiments vorhanden war (IV, Schmidtke, 2005b).

Ergebnisse und Diskussion

Mittels des Modells konnte gezeigt werden, dass valide Schätzergebnisse zur Höhe der N-Rhizodeposition einer Leguminose nur erzielt werden können, wenn eine nicht mit N gedüngte, nichtlegume Pflanze oder eine nicht mit N gedüngte Leguminose (der gleichen Art/Sorte wie die ^{15}N -markierte Leguminose) als Referenzpflanze Bestandteil des Experimentes waren und das $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -Verhältnis des Bodens zu Versuchsende (nichtlegume Referenzpflanze) bzw. des Bodens und der Wurzel (legume Referenzpflanze) als Hintergrundwerte in die Formel eingehen. Auf Grundlage des Modells konnte gezeigt werden, dass bei niedrigem ^{15}N -Anreicherungsgrad der Leguminosenwurzel (0,5 atom-% ^{15}N) die Verwendung anderer, in der Literatur genutzter Hintergrundwerte zu Schätzergebnissen für die Höhe der N-Rhizodeposition führen können, die bei 200% der tatsächlichen Höhe der N-Rhizodeposition liegen (Schmidtke, 2005a). Um eine experimentelle Schätzgenauigkeit bei der Ermittlung der Höhe der N-Rhizodeposition mit einem Variationskoeffizienten von kleiner 5% zu erzielen, ist ein Anreicherungsgrad der Leguminosenwurzel von mehr als 0,8 atom-% ^{15}N und gleichzeitig ein Verhältnis der Höhe der N-Rhizodeposition zur Höhe der übrigen N-Menge im Boden von größer 0,1 oder eine Anreicherung in der Wurzel von 10 atom-% ^{15}N und ein entsprechendes Verhältnis von größer 0,0025 erforderlich (Schmidtke, 2005b). Mit dem vorgestellten Modell wurde die Versuchsdurchführung zur Quantifizierung der N-Rhizodeposition mittels der „Split-root technique“ optimiert (u.a. kontinuierliche ^{15}N -Markierung, Wahl des ^{15}N -Anreicherungsgrad des Düngers) und der optimierte Versuchsaufbau experimentell überprüft. Es konnte hierbei mit einer kontinuierlichen Gabe mit KNO_3 (10 atom-% ^{15}N) eine ^{15}N -Anreicherung der Leguminosenwurzel zwischen 2,6 bei Erbse und 4,2 atom-% ^{15}N bei Gelber Lupine (*Lupinus luteus* L.) erreicht werden, so dass der Variationskoeffizient bei der Schätzung der Höhe der N-Rhizodeposition in diesem Experiment stets unter 5% lag. Es zeigte sich, dass die Erbse im Mittel von 5 geprüften Sorten 9,1%, die Gelbe Lupine 13,3%, die Saat-Wicke (*Vicia sativa* L.) 17,9% und die Zottel-Wicke (*Vicia villosa* Roth.) 19,3% des in Spross und Wurzel akkumulierten Stickstoffs zusätzlich während des Wachstums in den Boden über Rhizodeposition abgegeben hatten. Der häufig beobachtete hohe N-Vorruchtwert einer Gründüngung mit Wicken dürfte deshalb zu einem nicht unerheblichen Teil auch auf den Stickstoff aus der Rhizodeposition zurückzuführen sein.

Literatur

- Schmidtke, K. 2005a: How to calculate nitrogen rhizodeposition: A case study in estimating N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous ^{15}N labelling split-root technique. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1893-1897.
- Schmidtke, K. 2005b: A model to predict the accuracy of measurements of legume N rhizodeposition using a split-root technique. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 829-836.

Bewirtschaftungsintensitäten und Nährstoffflüsse in den Grünlandgebieten Österreichs

Erich M. Pötsch & Reinhard Resch*

Einleitung

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Umweltprogrammen sowie zur Entwicklung und Gestaltung von Konzepten für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Alpenländischen Raumes müssen ökologische, ökonomische und sozio-ökonomische Auswirkungen dokumentiert und berücksichtigt werden. Die Bilanzierung von Stoff- und Energieflüssen gilt heute allgemein als praktikabler Indikator für den Agrar- und Umweltbereich und gibt je nach Methodik Auskunft über die gesamtbetriebliche oder die flächenspezifische Situation.

Material und Methoden

Im nachfolgenden Beitrag werden Ergebnisse von Nährstoffbilanzierungen aus dem von der UNESCO unterstützten **Man And Biosphere**-Projekt (**MAB/621**) präsentiert. In insgesamt 5 Regionen des österreichischen Berggrünlandes wurden umfangreiche Erhebungen auf landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die für Stickstoff ermittelten Hoftor-Bilanzen zeigen unabhängig von der Wirtschaftsweise ein relativ gut ausgeglichenes Verhältnis zwischen N-Input und N-Output, wobei das Niveau dieser beiden Bilanzgrößen in den einzelnen Kategorien sehr unterschiedlich ist. Während in den Biobetrieben und in den Betrieben mit Verzicht auf den Einsatz ertragssteigernder Betriebsmittel (GV-Betriebe) die Fixierungsleistung der Leguminosen die stärkste N-Eintragsquelle darstellt, sind es in den konventionellen Betrieben vor allem der zugekaufte Mineraldünger sowie das Kraftfutter (*Tabelle 1*). Die N-Outputseite wird am stärksten bestimmt vom Milchverkauf und von den unvermeidbaren N-Verlusten.

Tab. 1: Ergebnis der Hoftor-Bilanzen für Stickstoff in den Milchviehbetrieben im Projektgebiet „Ennstal“ (Angaben in kg N)

	Biobetriebe n = 51	GV-Betriebe n = 40	Konventionelle Betriebe n = 66
N-input	+ 1.084	+ 998	+ 1.769
N-output	- 798	- 715	- 1.365
Saldo = N-Bilanz/Betrieb	+ 286	+ 283	+ 404
ha LN/Betrieb	20,0	17,8	23,5
N-Bilanz/ha (inkl. unvermeidbarer Verluste)	+ 14	+ 16	+ 17

Im Vergleich mit internationalen Studien schneidet die alpenländische Milchwirtschaft sehr positiv ab und kann als eine äußerst ökologische Form der Landbewirtschaftung bezeichnet werden. Es zeigen sich dabei vor allem enorme Unterschiede im N-Input, so dass es letztlich in den intensiven europäischen Milchproduktionsgebieten zu hohen Bilanzüberschüssen je ha respektive je kg produzierter Milch kommt (TAUBE and POETSCH, 2001).

* Univ.Do. Dr. Erich M. Pötsch und Ing. Reinhard Resch, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, Altirdning 11, A-8952 Irdning,

Tab. 2: Hoftorbilanzierung für Stickstoff in fünf Testgebieten (kg N/ha LN)

Untersuchungsgebiete	n	Ø	Median	min.	max.
Ennstal	78	+7,2	+3,8	-47,6	+84,3
Pongau	25	+6,9	+6,6	-23,7	+43,7
Kitzbühel	29	+6,0	+5,4	-29,1	+37,8
Oberkärnten	19	-7,4	-6,6	-51,4	+41,7
Hallein	16	+9,6	+2,4	-21,0	+80,5

Die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse zeigen im Durchschnitt der untersuchten Gebiete einen nur geringen N-Überschuss je ha LN, wobei an Hand der Minimumwerte ersichtlich ist, dass teilweise sogar mehr N entzogen als zugeführt wird. Allerdings gibt es auch Betriebe, die doch beachtliche N-Überschüsse aufweisen, die im Falle eines mehrjährigen/langjährigen Verlaufes bei ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen auch zu entsprechenden Problemen führen können.

Tab. 3: Hoftorbilanzierung für Stickstoff nach Höhenlage (kg N/ha LN)

Seehöhe	n	Ø	Median	min.	max.
< 500m	6	+17,0	+16,6	-7,4	+43,2
500 – 750m	65	+5,9	+5,4	-51,4	+80,5
750 – 1.100m	83	+5,4	+2,7	-23,7	+84,3
> 1.100m	13	-0,4	+0,8	-16,6	+13,9

Den mit + 17 kg/ha LN höchsten Ø N-Saldo weisen die Betriebe in der Tallage auf. Betriebe in mittleren bis höheren Lagen zeigen hinsichtlich der N-Bilanz nur geringe Unterschiede, weisen jedoch insgesamt die höchsten Maxima auf. Betriebe in der höchst gelegenen Stufe bilanzieren insgesamt sehr ausgeglichen mit einer nur gering ausgeprägten Variation. Biologisch wirtschaftende zeigen mit Ø +1,6 kg gegenüber den konventionell wirtschaftenden Betrieben einen geringeren N-Überschuss/ha LN.

Die Ergebnisse von Nährstoffbilanzierungen belegen sehr deutlich, dass in den Grünland- und Milchwirtschaftsbetrieben des österreichischen Berggebietes insgesamt sehr ökologisch und unter Berücksichtigung der natürlichen Produktionsbedingungen gewirtschaftet wird. Der Schwerpunkt der österreichischen Strategie liegt dabei in einer optimalen Ausnutzung der betriebseigenen Ressourcen und einer Minimierung des Einsatzes betriebsfremder Stoffe. Allerdings darf dieses Ergebnis auch nicht darüber hinweg täuschen, dass in Zukunft insbesondere in den Gunstlagen auch eine intensivere Nutzung erfolgen wird und Hochleistungsmilchviehbetriebe den Kraffuttereinsatz deutlich erhöhen werden.

Zur Vermeidung von Nährstoffimbancen auf Einzelflächen innerhalb eines Betriebes ist die Einhaltung der Grundsätze einer sachgerechten Düngung mit einer leistungsangepassten Bewertung der wirtschaftseigenen Dünger eine zentrale Voraussetzung (PÖTSCH, 2005).

Literatur

- PÖTSCH, E.M. 2005: Auswirkungen der neuen Anfallsmengen- und Nährstoffberechnungen für Wirtschaftsdünger auf österreichische Grünlandbetriebe. Kurzfassung zur Wintertagung 2005.
 TAUBE, F. and E.M. PÖTSCH 2001: On-farm nutrient balance assessment to improve nutrient management on organic dairy farms. EGF-Meeting, Kassel, 225-234.

Effizienz verschiedener Zwischenfruchtvarianten unterschiedlich hohen Leguminosenanteils in der Reduktion der Mineralstickstoffgehalte im Boden unter pannonischen Standortbedingungen

T. Rinnofner¹, J. K. Friedel¹, R. Farthofer¹, G. Pietsch¹ & B. Freyer¹

Einleitung

Neben zahlreichen anderen Funktionen haben Zwischenfrüchte (ZFF) die Aufgabe, pflanzenverfügbaren Stickstoff (N_{\min}) im Herbst aus dem Boden aufzunehmen und damit dessen Verlagerung in tiefere Bodenschichten bis letztlich ins Grundwasser zu verhindern. Durch Umbruch und Einarbeitung der ZFF in den Boden kann dieser Stickstoff der nachfolgenden Kultur zur Verfügung gestellt werden. Im vorliegenden Versuch wurde das Potential verschiedener ZF-Gemenge mit unterschiedlich hohem Leguminosenanteil in Hinblick auf diese Leistung unter den pannonischen Standortbedingungen mit knapper Wasserverfügbarkeit geprüft.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien, in Großenzersdorf durchgeführt (Schwarzerden aus Löss; 2,2% org. C; pH 7,6; 550 mm; 9,8°C). Der randomisierte Blockversuch (4 Wiederholungen) unterlag dem Fruchtfolgeausschnitt Winterweizen/ZF (2001/02) – Kartoffel (2003) – Winterroggen/ZF (2003/04) – Sommergerste (2005). Die ZF-Varianten sind im Kasten rechts unten dargestellt, wobei die legumen ZFF (leg) Saatwicke, Futtererbse und Platterbse, die nicht-legumen ZFF (n-leg) Phacelia, Ölrettich und Stoppelrübe waren. Das Verhältnis von Leguminosen zu Nicht-Leguminosen in der Mischvariante betrug 1:1. Die ZFF wurden im Herbst 2002 und 2004 angebaut. 2003 wurde aufgrund der kurzen Zeitspanne zwischen Kartoffelernte und Anbau des Winterroggens davon abgesehen. Untersucht wurden die Biomasse- und Stickstoffträge der ZFF zum Zeitpunkt des Mulchens und die Auswirkung der unterschiedlichen Varianten auf den N_{\min} - Gehalt im Boden und Ertrag und Qualität der Folgefrucht. Das N-Mineralisierungspotential und die mikrobielle Biomasse wurden zu Beginn jeder Vegetationsperiode gemessen.

Var 1: leg + n-leg
Var 2: leg
Var 3: n-leg
Var 4: schwarzbrache

Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge der ZFF (Tab. 1) waren in den Jahren 2002 und 2004 sehr unterschiedlich. Im Herbst 2002 begünstigten Anbauzeitpunkt (30. jul) und vor allem die günstige Witterung (milde Temperaturen, gute Wasserversorgung) die Ertragsbildung der ZFF, während 2004 der späte Anbau (12. aug) und die schlechte Wasser-versorgung zu sehr geringen Erträgen führten. 2002 war die Biomasseproduktion in var1 (n-leg + leg) und var 3 (n-leg) signifikant höher als in var2 (leg), der Stickstofftrag der Zwischenfrüchte war hingegen in var1 (leg + n-leg) höher. Bei den

Tab. 1: Biomasse bzw. N-Ertrag der ZFF (kg ha^{-1})

	var1	var2	var3
TM (2002)	5988 ^a	3450 ^b	5550 ^a
TM (2004)	1053 ^a	1004 ^a	1062 ^a
N (2002)	141 ^a	96 ^b	94 ^b
N (2004)	24 ^a	27 ^a	19 ^a

¹ Universität für Bodenkultur, Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien; thomas.rinnofner@boku.ac.at

ZFF2004 konnten weder im Biomasseertrag noch im N-Ertrag signifikante Unterschiede gemessen werden.

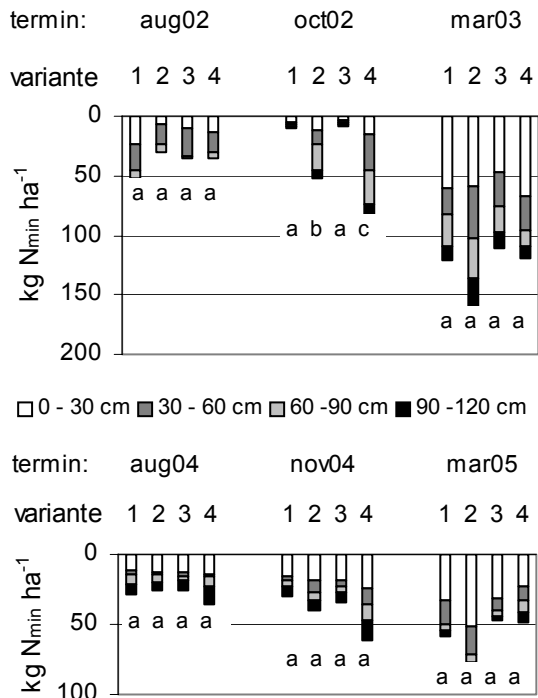


Abb. 1: N_{min} unter und nach den ZFF
Gleiche Buchstaben innerhalb eines Termins bezeichnen homogene Gruppen (Tukey; $P < 0,05$)

wurden durch die Messungen der N_{min} – Werte 2004 / 05 gestützt. Zwar waren aufgrund der geringen Erträge der ZFF 2004 (Tab. 1) keine signifikanten Unterschiede zu messen, doch zeigten sich die gleichen Tendenzen, vor allem bezüglich der N_{min}-Gehalte nach dem Umbruch der ZFF bzw. im folgenden Frühjahr. 2004 ist besonders die erhöhte Mineralisierungsrate in var2 (leg) im Frühjahr am hohen N_{min}-Gehalt im obersten Horizont gut zu erkennen. Dieses Phänomen kann zum einen auf die raschere Mineralisierung der Leguminosenresiduen aufgrund ihres engeren C/N - Verhältnisses (Quemada and Cabrera, 1995), aber auch auf den damit verbundenen Priming Effekt (verstärkter Abbau von Humus aufgrund erhöhter mikrobieller Aktivität, Kuzyakov et al., 2000, Tab. 1) zurückgeführt werden.

Der zusätzliche N-Eintrag durch die BNF (Biological Nitrogen Fixation) in der reinen Leguminosenvariante kam aufgrund der N-Verlagerung im Herbst/Winter der Folgekultur nicht zugute. Auch die verstärkte Freisetzung von N im Frühjahr kann von der noch jungen Kultur nicht voll genutzt werden und kann langfristig zu einem Humusverlust führen. Empfehlenswert erscheint eine ZF-Mischung, in der Leguminosen und Nicht-Leguminosen kombiniert sind. Weder die Messungen der in-Vitro-Mineralisierung noch Erträge und Qualität der folgenden Hauptfrüchte zeigten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Ergebnisse nicht dargestellt).

Literatur

- Kuzyakov, Y., Friedel, J.K., and Stahr, K. (2000): Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 1485-1498
- Quemada, M., Cabrera, M.L. (1995): Carbon and Nitrogen Mineralized from Leaves and Stems of Four Cover Crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59; 471 -477

Die Reduktion des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (Abb. 1) im Vergleich zur var4 (schwarzbrache) durch den ZF-Anbau (var1, var2 und var3) war im Herbst 2002 in allen 3 Varianten signifikant (Tukey; $P < 0,05$). var1 (leg + n-leg) und var3 (n-leg) waren dabei effizienter als var2 (leg). Bis zum Anbau der nachfolgenden Kartoffeln Anfang April 2003 ging diese Differenzierung allerdings verloren. Auffallend war dennoch der tendenziell höhere N_{min}-Gehalt in var2 (leg), während die drei anderen Varianten eine offensichtlich homogene Gruppe bildeten. Die Nivellierung lässt auf eine Verlagerung des Stickstoffs in var2 (leg) und var4 (schwarzbrache) unterhalb der Untersuchungstiefe von 120 cm schließen. Der nach dem Winter 2004/05 tendenziell höhere N_{min}-Gehalt in var2 (leg) lässt auf eine verstärkte Mineralisierung in der var2 schließen. Diese Annahmen

Biodünger aus der Zuckerrübe

Jürgen Debruck*

Einleitung

Bei aller Würdigung des ökologischen Landbaus verbleibt ein Makel: Es wird zu wenig geerntet. Nach allgemeinen Angaben beträgt die Minderung 30 – 50 Prozent. Viehhaltende Betriebe mit Wirtschaftsdünger und Feldfutterbau bewegen sich im unteren Bereich, reine Ackerbaubetriebe gelangen auf trockenen Sandstandorten an die Grenzen ihrer Wirtschaftlichkeit. Der mit gewichtigste ertrags- und qualitätsbeeinflussende Faktor ist der Stickstoff. Wird allen Betriebstypen eine von den Richtlinien geforderte vielfeldrige Fruchtfolge unterstellt, errechnet sich eine N-Versorgung für den

- Ökobetrieb mit 0,8 GV/ha von rd. 95 kg N/ha und Jahr, den
- Ackerbaubetrieb mit Zwischenfrucht von 65 N jährlich und für den
- Ackerbaubetrieb in Trockenlagen von nur 35 kg N/ha.

Unter Einbezug der standortcharakteristischen Nmin-Nachlieferung reicht es für die Betriebe mit Viehhaltung und für jene Ackerbaubetriebe, die mit Niederschlägen von mehr als 550 mm leguminosenhaltigen Zwischenfruchtbau betreiben können. Auf der „Schattenseite“ verbleiben die Ackerbaubetriebe in Trockengebieten. Sie sind langfristig auf anerkannt organische Zukaufdünger angewiesen. Von der geringen Auswahl geläufiger Dünger ist die Zuckerrübenvinasse als Düngemitteltyp eine N/K-Lösung. An einer Vereinfachung der Applikation durch Granulierung wird gearbeitet.

Tab. 1: Angaben zur Zuckerrüben-Vinasse (Typ B)

Inhaltsstoffe	Gewichts-% in Frischmasse	kg/ha in 2,5 t Vinasse
Trockenmasse (TM)	68	1.700
organische Masse in TM	48	816
pH (10 % KCl –Lösung)	6	
Spezif. Gewicht	1,3	
Zucker (Glukose)	2 - 3	50 – 75
N - Gesamt	2,7 – 3,5	70 - 90
K₂O	6 – 9	150 – 220
P ₂ O ₅ , MgO, Na ₂ O	je 0,2 – 0,5	5 – 10
CaO	0,8 – 1,2	20 - 30
S - Schwefel	0,15	< 4
	mg / kg (= ppm)	
Bor/ Zink/ Kupfer/ Mangan	10 und >/ 10 – 50 / 1-7/ 100-280	
Organische Schadverbindungen nicht nachweisbar (n.n.)		
Schwermetalle	weit unter den tolerierbaren Grenzen	

Material und Methoden

Die anfänglichen Versuche zur Wirksamkeit der Vinasse beliefen sich in den 80er Jahren zunächst ganz auf die Applikation im Herbst auf Stoppel und Stroh. In umfangreichen Feld- und Gefäßversuchen konnte der Wirkungsmechanismus des Vinasse-N im Boden weitestgehend aufgeklärt werden. Die Arbeiten in den 90er Jah-

* Beratung Ökologischer Landbau, 35085 Ebsdorfergrund,

ren konzentrierten sich ganz auf die Vinasseeausbringung im Frühjahr in die wachsenden Bestände. Die positiven Ergebnisse der LLG in Bernburg veranlassten die Praxis nach Verbandsgenehmigung zu breiter Anwendung. Ausgangspunkt aller Arbeiten und der feldmäßigen Ausbringung (Ependage) ist eine handelsübliche Vinassee mit Trockensubstanzgehalten von 65 – 68%, 2,7 – 3,5% N und > 6% K₂O. Weitere Angaben macht Tabelle 1.

Die derzeitigen Bemühungen konzentrieren sich auf die Granulierung der Vinassee mit anerkannten Zuschlagstoffen: Urgesteinsmehl, Carbokalk, Federmehl und verschiedenen Humusherkünften. Die ersten Feld- und Gefäßversuche sind erfolgversprechend.

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl in der Vinassee das Kalium mit durchschnittlich mehr als 7 Prozent doppelt so hoch ist wie der N-Gehalt, beruht die Wirkung nahezu ausschließlich auf dem Stickstoff. Er ist überwiegend in Aminosäuren und dem Rübenbetain gebunden. In ihrer niedermolekularen Struktur werden sie zu geringen Anteilen vom benetzten Blattapparat aufgenommen, ansonsten im Boden mehr oder weniger rasch mineralisiert. Das ist auch der Grund, weshalb die Vinassedüngung rasch anschlägt. Zwangsläufig ist auch der N-Ausnutzungsgrad hoch und mit mineralischen Festdüngern vergleichbar. Bei praxisrelevanten Düngergaben von 60 kg N/ha und mehr zeigt sich Vinassee den übrigen organischen Festdüngern hoch überlegen. Dabei stellt sich bei der so notwendigen Erzeugung von Qualitätsweizen sowohl die Frage nach der Höhe der N-Gaben als auch deren Verteilung auf N1 (Bestockung) und N2 (Schossen).

Tab. 2: Einfluss von Zuckerrübenvinasse auf Ertrag und Qualität von Winterweizen „Alidos“ (E), LLG Bernburg, 1999 – 2001

Düngung im EC-Stadium		dt/ha	RP %	Ähren/m ²
13/21	32			
0	0	69,9	10,7	463
60	0	74,9	11,7	530
0	60	73,4	11,8	513
60	40	75,8	12,1	538

Die in Tabelle 2 dargestellten mehrjährigen Ergebnisse werden zwar durch die Vorzüglichkeit des Schwarzerdestandortes Bernburg-Strenzfeld beeinträchtigt (= hohes Ausgangsniveau von Ertrag und Qualität), bestätigen aber: Für Vinassee im ökologischen Getreidebau sprechen Aufwandmengen von 60 kg N/ha und mehr in der Vegetationsspanne Bestockung-Schossen. Über höhere Bestandesdichten wird mehr Ertrag gemacht und Restanteile des Dünger-N werden in Qualität (Rohprotein und Kleber) umgesetzt. Gaben darüber hinaus gehen auf mittleren und ärmeren Standorten mehr in Ertrag als in Qualität. Versuche zu Biorüben sind neu aufgenommen.

Literatur

Debruck, J.; W. Lewicki 1985: Einfluss von Rübenvinasse im Ackerbau auf Ertrag, Strohrotte und Bodenfruchtbarkeit, Landw. Forschung 38, 4, 317 - 327

Modellierung räumlich und zeitlich strukturierter Daten am Beispiel eines Feldversuchs zur integrierten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau

Andreas Büchse*, Heidi Bouws-Beuermann⁺, Maria Finckh[#] & Hans-Peter Piepho*

Einleitung

Im ökologischen Kartoffelanbau stellt die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) eines der gravierendsten Probleme dar. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten für eine direkte Bekämpfung ist es wichtig, durch flankierende Maßnahmen den Infektionsdruck insgesamt zu senken. Dieses kann erreicht werden durch: (1) Resistentes Pflanzgut, (2) Reduktion der Teilstückgröße (kleinere Parzellen werden seltener infiziert), (3) Schmale Form der Feldstücke in Verbindung mit einer Ausrichtung der Reihen im rechten Winkel zum Wind, (4) Nutzung von Nachbarkulturen (Abschirmung von Inokulum und verbessertes Mikroklima).

Im hier dargestellten Experiment wurde der Epidemieverlauf in zwei unterschiedlich anfälligen Kartoffelsorten erhoben. Nachbarkulturen waren Kartoffeln, Sommerweizen oder gemulchtes Klee gras. Innerhalb jeder Parzelle wurde zu mehreren Terminen an mehreren Positionen der Befall bonitiert. Durch die windbürtige Verbreitung der Krankheit sind Einflüsse der Parzellen aufeinander wahrscheinlich.

Dieser Beitrag zeigt zwei Möglichkeiten der statistischen Analyse, um basierend auf Gemischten Linearen Modellen die räumlichen und zeitlichen Autokorrelationen in den Daten adäquat zu berücksichtigen.

Material und Methoden

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden auf dem Versuchsgut Frankenhausen der Universität Kassel Feldversuche mit zwei Kartoffelsorten, sieben unterschiedlichen Anbausystemen (Pflanzrichtung, Nachbarkulturen) und vier Wiederholungen angelegt. Als anfällige Sorte wurde 2000 *Secura*, in 2001-2002 *Linda* und als teilresistente Sorte in 2000 *Simone* und 2001-2002 *Agria* gewählt.

Die Parzellen wurden in einem 6 m breiten und 36 m langem Streifen in der Hauptwindrichtung (Variante 1-3) bzw. in einem 6 m breiten und 18 m langem Streifen quer zur Hauptwindrichtung (Var. 4-7) angelegt. Innerhalb der Parzellen wurde zu zwölf Terminen der Befall mit *Phytophthora infestans* in Prozent befallene Blatt- und Stängelfläche bonitiert. Im Jahr 2001 erfolgte die Bonitur in den Var. 1-3 an jeweils zwölf Punkten und in den Var. 4 bis 7 an jeweils sechs Punkten je Parzelle in einem 3x6 m Raster. Im Jahr 2002 erfolgte die Bonitur in Var. 1 an jeweils zwölf Punkten in einem 3x6 m Raster, in den Var. 2 und 3 sowie in den Var. 4 bis 7 an jeweils 18 bzw. neun Punkten je Parzelle in einem 2,625x6 m Raster. Neben den Kartoffelparzellen wurden als Nachbarn ebenso große Parzellen mit wiederum Kartoffeln (Var. 1), Sommerweizen (Var. 2, 4 und 6) oder Klee gras (Var. 3, 5 und 7) angelegt. Die Randomisationsstruktur entsprach einer Spalt-Spalt-Anlage in vier Wiederholungen mit der Sorte als Großteilstückfaktor, sowie Mittelteilstücken auf denen teilweise nur eine Variante, teilweise aber auch zwei Varianten lagen.

* Universität Hohenheim, Inst. Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, D-70599 Stuttgart

+ Landwirtschaftskammer Hannover, Bezirksstelle Northeim, Teichstr. 9, D-37154 Northeim

Universität Kassel, FB Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen

Ergebnisse und Diskussion

Eine einfache Möglichkeit, Messwiederholungen zu berücksichtigen ist die Berechnung zusammenfassender Maßzahlen (*summary measures*). Die elf bzw. zwölf Messtermine pro Saison können durch lineare Interpolation benachbarter Termine und Bildung der „Fläche unter der Befallskurve“ (*engl. area under the disease progress curve*, Jeger und Viljanen-Rollinson, 2001) integriert werden. Die AUDPC wird wiederum über alle Positionen einer Parzelle gemittelt. Somit wird pro Parzelle und Saison ein Wert erhalten. Das Modell für diese Daten kann unter Berücksichtigung der Randomisationsstruktur nach Piepho et al. (2003) folgendermaßen formuliert werden:

$$y_{ijk} = \mu + \eta_h + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + f_{ih} + g_{ijk} + e_{ijk}$$

μ =Gesamteffekt; η_h =Effekt des h -ten Blocks; α_i =Haupteffekt der i -ten Sorte; β_j =Haupteffekt der j -ten Variante (Wind*Nachbar); $(\alpha\beta)_{ij}$ =Wechselw. Sorte*Variante; f_{ih} =Großteilstückfehler (Sorte*Block); g_{ijk} =Mittelteilstückfehler (Sorte*Mittelt.*Block); e_{ijk} =Parzellenfehler (Variante*Sorte*Block)

Alternativ kann für jeden Messpunkt eine Wachstumsfunktion angepasst werden. Hierfür kommen die logistische oder die Bertalanffy-Richards-Funktion in Betracht (Richards 1959, Campbell und Madden 1990). Als über die Zeit integrierende Maßzahlen können dann die Parameter der Funktion ausgewertet werden.

Bertalanffy-Richards-Funktion:

$$y = [1 + B \cdot e^{(-rt)}]^{1/(1-m)}$$

$$B = y_0^{(1-m)} - 1$$

Beobachtungswerte vom Typ „Prozent Befall“ verletzen in aller Regel die Modellannahme homogener Varianzen. Dieses wurde durch Gewichtung bei der Anpassung der nichtlinearen Regressionsfunktionen an die Daten entsprechend berücksichtigt (*weighted least squares*, siehe Carroll und Ruppert 1988). Die aus der Kleinst-Quadrat-Lösung erhaltenen Schätzwerte für die Parameter der Richardsfunktion wurden dann in einem Gemischten Linearen Modell ausgewertet. Für die Groß- und Mittelteilstücke wurde ein Modell entsprechend der Randomisationsstruktur gewählt (Spalt-Spalt-Anlage). Zur Berücksichtigung der Kovarianz σ_{ij} zweier Beobachtungen z_i und z_j innerhalb einer Parzelle wurde ein anisotropes exponentielles Modell verwendet. Hier hängt die Kovarianz zwischen zwei Beobachtungen von Entfernung und Richtung zueinander ab. Trends auf der Versuchsfläche innerhalb der Parzellen wurden mit Polynomen ersten und zweiten Grades modelliert. Bei Abweichungen von der Normalverteilung oder Varianzheterogenität wurden die auszuwertenden Parameter der Richardsfunktion zunächst einer Box-Cox-Transformation unterzogen und abschließend rücktransformiert. Im letzten Schritt wurden dann auf Basis der Mittelwerte der Funktionsparameter wiederum Befallskurven gezeichnet und diese dann gemeinsam mit den erhaltenen Signifikanztests interpretiert.

Literatur

- Carroll, R.J. und Ruppert D. (1988): Transformation and Weighting in Regression. Chapman & Hall.
- Piepho, H.P., Büchse, A. und Emrich, K. (2003): A hitchhiker's guide to mixed models for randomized experiments. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 189 (5), 310-322
- Richards, F.J. (1959): A flexible growth function for empirical use. *Journal Exp. Botany* 10, 290-300.
- Jeger, M.J. und Viljanen-Rollinson, S.L.H. (2001): The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *TAG* 102 (1), 32-40.
- Campbell, C.L. und Madden, L.V. (1990): Introduction to Plant Disease Epidemiology. Wiley & Sons.

Einfluss von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf die Späte Rübenfäule (*Rhizoctonia solani*) an Zuckerrüben

Stephanie Kluth¹, Christian Kluth¹ & Rudolf Apfelbeck²

Einleitung

Die Späte Rübenfäule ist eine der bedeutendsten Zuckerrübenkrankheiten und verursacht zunehmend Ernteverluste. Sie wird durch den bodenbürtigen Pilz *Rhizoctonia solani* verursacht, der ein breites Spektrum von Wirtspflanzen befällt. Die Art *R. solani* ist untergliedert in sogenannte Anastomosegruppen, die jeweils ein bestimmtes Wirtsspektrum aufweisen. Verursacher für die Späte Rübenfäule an Zuckerrüben ist die Anastomosegruppe (AG) 2-2IIIB, die auch an Mais Schäden hervorruft.

Enge Fruchtfolgen und ein hoher Anteil von Wirtspflanzen wie Mais in der Zuckerrüben-Fruchtfolge standen im Verdacht, eine entscheidende Rolle in der Epidemiologie der Krankheit zu spielen. Im Jahr 2001 und 2002 wurden daher an jeweils zwei Standorten in Niederbayern Versuche begonnen, die den Einfluss verschiedener Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf die Krankheitsentwicklung der Späten Rübenfäule untersuchen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde dreifaktoriell mit den Faktoren Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Zuckerrübensorte angelegt. Die Fruchtfolge wurde hinsichtlich des Anteils an Wirtspflanzen variiert. In der ersten Variante wurde Körnermais, Körnermais und Zuckerrübe angebaut, die zweite Fruchtfolge umfasste die Fruchtfolgeglieder Körnermais, Weizen und Zuckerrübe, die dritte Weizen, Hafer und Zuckerrübe. Als Bodenbearbeitungsvarianten wurde nach Anbau der Vorfrüchte zu Zuckerrübe entweder durchgängig gemulcht, durchgängig gepflügt oder abwechselnd gemulcht und gepflügt. Als weiterer Faktor wurde im dritten Anbaujahr die Zuckerrübensorte variiert, es wurde eine *Rhizoctonia*-anfällige sowie eine *Rhizoctonia*-resistente Sorte angebaut. Aus den verschiedenen Faktorkombinationen ergeben sich somit 24 Versuchsglieder pro Standort. Im dritten Anbaujahr wurden die Zuckerrüben beerntet, das Ausmaß der Späten Rübenfäule am Rübenkörper bonitiert und der Bereinigte Zuckerertrag bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen unter den gegebenen Infektionsbedingungen Ertragsverluste durch die Späte Rübenfäule in Fruchtfolgen mit hohem Anteil der Wirtspflanzen Mais und Zuckerrübe. Die Wahl der Zuckerrübensorte hatte einen erheblichen Einfluss auf die Ertragssicherheit: Bei der anfälligen Standardsorte nahm die Fäule mit zunehmendem Anteil von Mais in der Fruchtfolge zu. Die Kombination von Sorte und Fruchtfolge beeinflusste ebenfalls den Bereinigten Zuckerertrag, der maximale relative Ertragsverlust erreichte nahezu 20%.

Diese Effekte wurden durch die Bodenbearbeitung deutlich beeinflusst. Auf die Schwere des Befalls mit *Rhizoctonia* hatte die Bodenbearbeitung zunächst keinen Einfluß, Mulchen als alleinige Bodenbearbeitungsmaßnahme verringerte jedoch den Bereinigten Zuckerertrag signifikant im Vergleich zur Bodenbearbeitung durch

¹ Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, D-37079 Göttingen

² Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaues Regensburg, Sandstr. 4, D-93092 Barbing

ausschließliches Pflügen. Diese Effekte der Bodenbearbeitung waren in den Fruchtfolgen am ausgeprägtesten, in denen neben der Zuckerrübe nur Mais angebaut wurde. Den höchsten Ertrag lieferte die Kombination einer Fruchtfolge ohne Mais mit alternierendem Mulchen und Pflügen beim Anbau der resistenten Zuckerrübensorte.

Ob die untersuchten Maßnahmen langfristig zu einer Kontrolle der Späten Rübenfäule beitragen muß in zukünftigen Untersuchungen überprüft werden.

Auswirkung konservierender Bodenbearbeitung auf die Ausnutzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers

J. Bischoff*, B. Hofmann** & O. Christen**

Einleitung

Im Rübenanbau der trockenen Lagen ist die Minderung von Wasserverlusten, die durch unproduktive (Boden-) Verdunstung und Oberflächenabfluss entstehen, eine wesentliche ertragssichernde Maßnahme. Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung ist einerseits die Speicherung großer Wassermengen über längere Zeiträume und die rasche Infiltration von Starkregen, ohne den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre zu gefährden. Andererseits hemmt die erosionsschützende Mulchschicht zugleich die unproduktive Verdunstung. Bei Zuckerrüben führte in mehrjährigen Feldversuchen ein wirksamer Verdunstungsschutz zur Ertragssteigerung, wenn der Boden im Herbst nicht bearbeitet wurde, sondern die geschlossene Strohecke der Getreidevorfrucht über Winter erhalten blieb. Voraussetzung für eine derart effektive Wasserausnutzung sind jedoch hohe Feldaufgänge und eine gleichmäßige Pflanzenverteilung auf der Fläche.

Material und Methoden

Experimentelle Basis ist ein Großflächenversuch unter Produktionsbedingungen in der LLG Bernburg (*Versuch I*), der 1996 angelegt wurde. Da in *Versuch I* fruchtfolgebedingt nur alle 6 Jahre Zuckerrüben angebaut werden, wurde 1997 im Interesse raschen Erkenntnisgewinns mit einem weiteren Experiment (*Versuch II*) begonnen. Zuckerrüben, Sommergerste, Winterweizen und Wintergerste wechseln hier jährlich auf ein und demselben Feld. Zu jeder Kultur werden drei Bodenbearbeitungsverfahren und die Direktsaat verglichen:

- P:** Pflug/Packer, jährlicher Pflugeinsatz (Arbeitstiefe ≥ 25 cm),
- MI:** Bodenbearbeitung mit Scheibenegge/ Scheibengrubber (10 - 15 cm),
- MII:** Mulchsaat nach flacher Vorsaatbearbeitung (4 - 6 cm),
- DS:** Direktsaat ohne Bodenbearbeitung.

Bodentypologisch ist der Versuchsstandort Bernburg als Kalktschernosem einzu-stufen. Er liegt in der Kernzone des mitteleuropäischen Trockengebietes (NStE L01, stark toniger Schluff Ut4, langjähriger Jahresniederschlag 469 mm, langjährige Jahresmitteltemperatur 9,1 °C). Auf der genutzten Versuchsfläche steht in 100 cm Bodentiefe Kalkstein an, der eine für Pflanzenwurzeln nicht durchdringbare Stör-schicht bildet. Die Feldkapazität (FK) und der permanente Welkepunkt (PWP) betragen für den effektiven Wurzelraum 22 bzw. 7 Wassermasseprozent (M.-%); daraus resultieren 15 M.-% nutzbare Feldkapazität (nFK). Der Bodenwassergehalt wurde über Bohrstockproben zur Aussaat, zum Reihenschließen und unmittelbar nach der Ernte der Zuckerrüben in 0 bis 30 cm, 30–60 cm und 60–100 cm Tiefe bestimmt. Die Umrechnung der Wassergehalte in Schichtwasserhöhen (mm) erfolgte über den volumetrischen Wassergehalt (Vol.-%) durch Multiplikation des gravimetrischen Wassergehaltes (M.-%) und der mittleren Lagerungsdichte des trockenen Bodens (TRD). Der Gesamt-Wasserverbrauch der Zuckerrüben wurde errechnet aus der Summe der Niederschlagsmenge von Aussaat bis Ernte und der

* Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Zentrum für Acker- und Pflanzenbau, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg,

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker- und Pflanzenbau, 06099 Halle.

Bodenwasserspeicherung zur Aussaat vermindert um den Gehalt an pflanzenverfügbarem Bodenwasser zur Ernte.

Ergebnisse und Diskussion

Wirksamen Verdunstungsschutz bietet im Rübenanbau die geschlossene Strohdecke über Winter, unter der feuchte gesättigte Luft bei verminderter Temperatur gehalten und die turbulenten Luftbewegungen herabgesetzt werden. Die Ergebnisse der Bodenfeuchtenmessungen zur Rübenaussaat und zum Reihenschließen (Abb. 1) ergaben in Variante MII und Direktsaat (DS) höhere Bodenwassergehalte als nach Herbstfurche. Offensichtlich ist die bei langfristigem Pflugverzicht kompaktere Bodenlagerung eine wesentliche Ursache für das bessere Wasserhaltevermögen und die größere Speicherfähigkeit, wenn die Krume nicht allzu dicht lagert. Untersuchungen am Standort Bernburg von SCHREIBER (2005) ergaben hierzu positive Korrelationen zwischen Grobporenvolumen und gesättigter Wasserleitfähigkeit sowie zwischen Luftkapazität und gesättigter Wasserleitfähigkeit. Negative Korrelationen bestehen zwischen Trockenrohdichte und Luftkapazität bzw. Grobporenvolumen sowie zwischen Trockenrohdichte und gesättigter Wasserleitfähigkeit. Dass jeder Arbeitsgang den Bodenwasservorrat mindert, wird aus den niedrigeren Gehalten bei üblicher Stoppelbearbeitung und Herbstbodenbearbeitung mit Grubber oder Scheibenegge (Variante MI) im Vergleich zu Variante MII und Direktsaat ersichtlich.

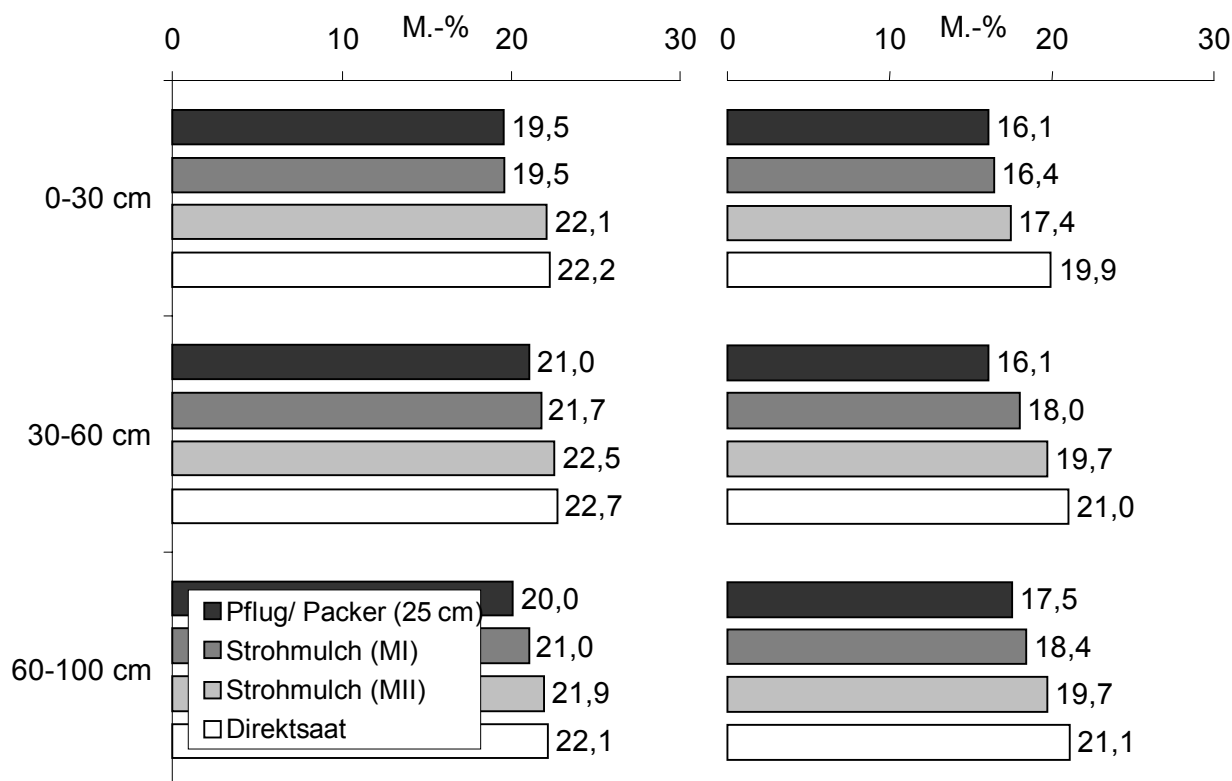


Abb. 1: Gravimetrischer Bodenwassergehalt unter Zuckerrüben, links zur Aussaat, rechts zum Reihenschließen

Literatur

Schreiber, S. 2005: Auswirkungen unterschiedlicher Bearbeitungsintensität auf fruchtbarkeitsbestimmende Bodeneigenschaften, Rübenqualität und Ertrag einer Löss-Schwarzerde. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker- und Pflanzenbau.

Wirkung langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf Kenngrößen der Bodenstruktur

J. Dieckmann*, H. Miller[#] & H.-J. Koch*

Einleitung

Die pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben gewinnt zunehmend an Bedeutung. Derzeit werden mehr als 20% der Rübenanbaufläche pfluglos bestellt (Merkes et al. 2003). Neben ökologischen Vorteilen (Bodenschutz) kann durch den Pflugverzicht insbesondere der ökonomischen Notwendigkeit zur Kostenreduktion Rechnung getragen werden. Während eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität in der Regel sichere und hohe Rübenenerträge bei deutlichen Kostenvorteilen im Bereich Bodenbearbeitung ermöglicht, führt der vollständige Verzicht auf Bodenbearbeitung im Zuckerrübenanbau oft zu deutlichen Mindererträgen (Pringas & Märländer 2004). Als mögliche Ursache für die Wachstumsunterschiede der Zuckerrüben kommen sowohl Unterschiede im Nährstoffhaushalt als auch in der Bodenstruktur in Frage. Diese Hypothese wird derzeit in einer langjährigen Versuchsserie auf Versuchsstandorten in Süd- und Ostdeutschland überprüft.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf Großflächen (2,5–10 ha je Variante) durchgeführt, die zum Teil seit 1992 mit praxisüblichen Maschinen differenziert bearbeitet werden. Geprüft wurden die Verfahren Pflug (30 cm tief), Mulch (maximal 10–15 cm tief, mischend) und Direktsaat (keine Bodenbearbeitung mit Ausnahme einer ca. 2 cm flachen Saatbettbereitung zu Zuckerrüben). Die Fruchtfolge bestand aus Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen.

An ausgewählten Standorten wurden homogene Messplätze (40 m x 40 m) mit vergleichbaren Bodeneigenschaften in den unterschiedlich bearbeiteten Großparzellen bestimmt. In diesen Messfeldern erfolgte unmittelbar nach der Aussaat der Zuckerrüben eine Probenahme von Stechzylindern in 4 Tiefenbereichen (3–7 cm, 13–18 cm, 23–27 cm und 38–43 cm) an denen die Lagerungsdichte (LD), die Luftkapazität (LK), die nutzbare Feldkapazität (nFK), der Totwasseranteil (Tw), das Gesamtporenvolumen (GPV) sowie die pneumatische Leitfähigkeit (PL) bestimmt wurden. Weiterhin wurde eine Beprobung mit Bohrstöcken durchgeführt, um die Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und deren Verteilung (0–10 cm, 10–20 cm 20–30 cm und 30–45 cm) zu erfassen. Parallel zur Maschinenernte wurden Parzellen (10,8 m²), die zuvor auf gleiche Bestandesdichte (53.000, 65.000 und 83.000 Pfl. ha⁻¹) vereinzelt wurden, von Hand beerntet. Die erfassten Bodenparameter wurden in Relation zu den Erträgen der Handerntesetzt. Dabei wurden die Relativerträge getrennt nach Standort und Bestandesdichte berechnet (Pflug=100%). Nachfolgend werden erste Ergebnisse aus dem Jahr 2004 der Standorte Insultheim und Sailtheim vorgestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) nahm sowohl mit der Bestandesdichte als auch mit der Bodenbearbeitungsintensität ab. Die Analyse der Nährstoffgehalte und deren Verteilung deuten nicht auf eine ertragsrelevante Verringerung des

* Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

Südzucker AG, GB Landwirtschaft, Ludwig-Kayser-Str., 74254 Offenau

Nährstoffangebots in Direktsaat hin. Demgegenüber wurden bei den bodenphysikalischen Untersuchungen deutliche Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten gemessen. Analog zum Eindringwiderstand differenzierte die LD in der Krume zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten deutlich (Abb. 1) mit höheren Werten in Ober- und Mittelkrume in den reduziert bearbeiteten Varianten. Im Verfahren Direktsaat war die LD gegenüber Mulch nochmals erhöht. In der Unterkrume und im Unterboden traten keine Unterschiede in den LD auf. Ebenso wurde im Verfahren Pflug eine deutlich höhere LK gegenüber den Verfahren Mulch und Direktsaat in der Oberkrume gemessen. LD und LK zeigen eine enge Beziehung zum Ertrag (Tab. 1). Das Bestimmtheitsmaß von 0,61*** zwischen der mittleren LD in der Krume und dem BZE deutet auf eine enge Beziehung der Parameter hin. Bei der mittleren LK in der Krume liegt das Bestimmtheitsmaß zum BZE bei 0,54**. Dabei ist mit zunehmender

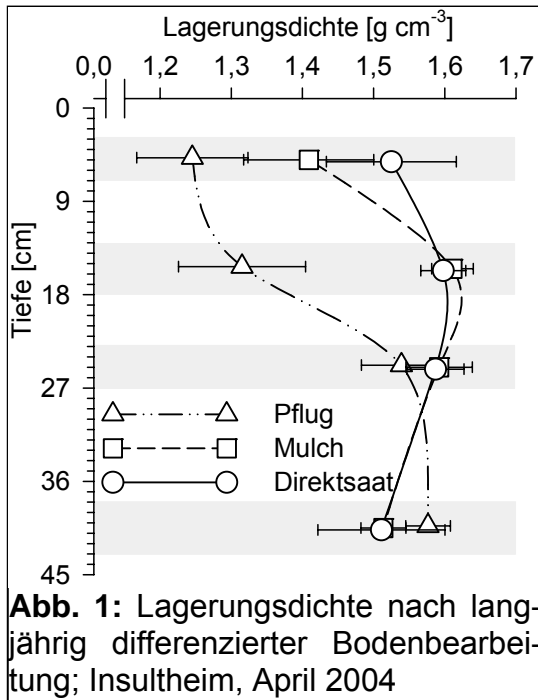


Abb. 1: Lagerungsdichte nach langjährig differenzierter Bodenbearbeitung; Insultheim, April 2004

Tiefe eine Abnahme der Signifikanz zu beobachten. Insgesamt kann durch die Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen ein Teil der Ertragsunterschiede in den differenziert bearbeiteten Varianten erklärt werden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt unterstützt.

Literatur

Pringas, C. & Märländer, B., 2004: Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, Rentabilität und Cercosporabefall von Zuckerrüben – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwissenschaften 8 (2), 82-90.

Merkes, R., Coenen, H., Hesse, F. & Schütz, G., 2003: Stand der Produktionstechnik zu Zuckerrüben - Ergebnisse der Umfrage 2002. Zuckerindustrie 128 (6), 425-433.

Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten gemessen. Analog zum Eindringwiderstand differenzierte die LD in der Krume zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten deutlich (Abb. 1) mit höheren Werten in Ober- und Mittelkrume in den reduziert bearbeiteten Varianten. Im Verfahren Direktsaat war die LD gegenüber Mulch nochmals erhöht. In der Unterkrume und im Unterboden traten keine Unterschiede in den LD auf. Ebenso wurde im Verfahren Pflug eine deutlich höhere LK gegenüber den Verfahren Mulch und Direktsaat in der Oberkrume gemessen. LD und LK zeigen eine enge Beziehung zum Ertrag (Tab. 1). Das Bestimmtheitsmaß von 0,61*** zwischen der mittleren LD in der Krume und dem BZE deutet auf eine enge Beziehung der Parameter hin. Bei der mittleren LK in der Krume liegt das Bestimmtheitsmaß zum BZE bei 0,54**. Dabei ist mit zunehmender

Tab. 1: Bestimmtheitsmaß zwischen ausgewählten Bodenparametern und Ertrag (BZE); Handernte Sailtheim und Insultheim, 2004; n = 15

Tiefe [cm]	Lagerungsdichte	Luftkapazität
3-7	y=-41,1x + 148,5 r ² =0,36*	y=0,96x + 79,9 r ² =0,58***
13-18	y=-44,8x + 160,6 r ² =0,41*	y=0,95x + 83,7 r ² =0,43**
23-27	y=-70,1x + 200,8 r ² =0,31*	r ² =0,11
38-43	y=146x + 134,2 r ² =0,38*	r ² =0,26
3-27	y=-82,3x + 214,1 r ² =0,61***	y=1,32x + 79,9 r ² =0,54**

Ertragsverhalten ausgewählter Kulturen bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren im pannonischen Klimaraum

H. Wagentristl*, P. Liebhard** & H.P. Kaul**

Einleitung

Standort angepasste Bodenbearbeitung ist ein wesentlicher Teil, um den Forderungen nach einer leistungsfähigen und nachhaltig umweltschonenden Landbewirtschaftung gerecht zu werden. Durch die richtige Wahl der Bearbeitungsintensität werden Parameter wie z.B. Bodengefüge, Boden-wasserhaushalt, Bodenerosion, Nährstoff-austrag etc. positiv beeinflusst.

Material und Methoden

1996 wurde auf den Versuchsfeldern der Versuchswirtschaft Groß - Enzersdorf im Marchfeld, östlich von Wien, ein Bodenbearbeitungsversuch mit unterschiedlicher Fruchtfolge angelegt. Der zweifaktorielle Versuch ist als Spaltanlage konzipiert, wobei die Großteilstücke die Bodenbearbeitungsvarianten darstellen und in den Kleinteilstücken zwei unterschiedliche Fruchtfolgen ablaufen. Die Bodenbearbeitungsvarianten bestehen aus der Lockerbodenwirtschaft LBW, der Lockerboden – Mulchwirtschaft LBMW, der Festboden – Mulchwirtschaft FBW und einer wechselnden Bodenbewirtschaftung wBW abgestimmt auf die Nachfrucht und die Bodenbedingungen. Bei den Fruchtfolge-systemen handelt es sich einerseits um eine intensive Zuckerrübenfruchtfolge mit vierjährigem Turnus, die zweite Fruchtfolge ist Raps betont.

Ergebnisse und Diskussion

Die ausgewählten Kulturen für die Ertragsdarstellungen sind aus der Fruchtfolge A die Zuckerrübe und aus der Fruchtfolge B der Raps. Die Fruchtfolgerotation A besteht aus Zuckerrübe, Winterweizen, Sonnenblume und Winterweizen, in der zweiten Fruchtfolge wird nach Winterweizen Winterweizen, Blattfrucht und wieder Winterweizen angebaut.

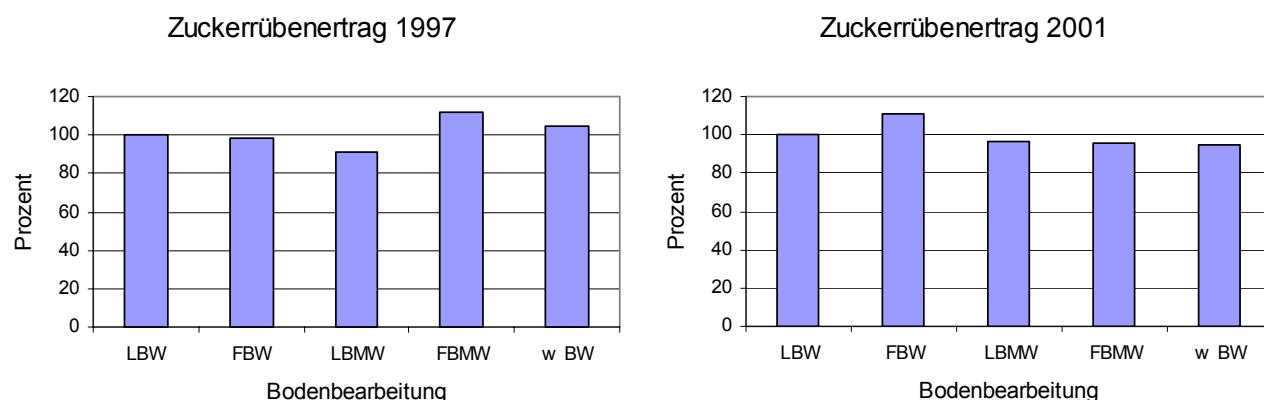


Abb. 1: Zuckerrübenenertrag in % der Jahre 1997 und 2001 vom Bodenbearbeitungsversuch der Versuchswirtschaft Gross - Enzersdorf.

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie,

* Versuchswirtschaft Gross-Enzersdorf, A-2301, Gross – Enzersdorf

** Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, A-1180, Wien

Die Niederschlagsmengen im Vegetationsjahr 1997 waren um 40 mm im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt von 570 mm höher, hingegen war das Jahr 2001 mit 490 mm als relativ trocken zu bezeichnen.

Im Versuchsjahr 1997 lieferte das System der Festboden-Mulchwirtschaft den höchsten Rübenenertrag mit 66,2 t/ha sowie den höchsten Zuckergehalt mit 20,6 %, auch bei der wechselnden Bodenwirtschaft lag der Ertrag um 4 % über der Lockerboden-Wirtschaft. Die beiden anderen Varianten lagen nur geringfügig unter dem Ertragsniveau der Lockerboden-Wirtschaft. Im Trockenjahr 2001 konnte nur in der extremen Festboden-Mulchwirtschaft ein um 11 % höherer Ertrag erzielt werden, die anderen Varianten lagen geringfügig unter der Lockerboden-Wirtschaft.

Im Winterraps-Fruchtfolgejahr 1999 waren die Niederschläge um ca. 100 mm höher als der langjährige Durchschnitt, im Jahr 2003 fielen sie um ca. 40 % geringer aus. 1999 konnten nur geringfügige Ertragsunterschiede festgestellt werden, wobei die größte Differenz mit plus 6 % in der extremen Festbodenwirtschaft gegenüber der Lockerboden-Wirtschaft mit einem Ertragsniveau von 3252 kg/ha zu beobachten war.

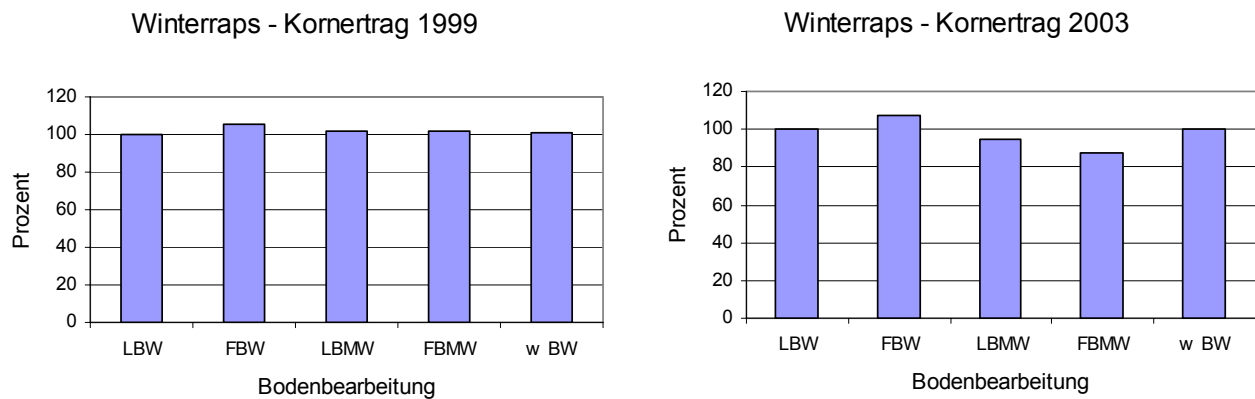


Abb. 2: Winterraps - Kornertag in % der Jahre 1997 und 2001 vom Bodenbearbeitungsversuch der Versuchswirtschaft Gross - Enzersdorf.

2003 wurde auf Grund der geringen Niederschläge in der Lockerbodenwirtschaft 2249 kg/ha Raps geerntet. Die extreme Festbodenwirtschaft erreichte auch in diesem Jahr um 8% höhere Erträge, die Varianten Lockerboden-Mulchwirtschaft hatte um 6% und die Festboden-Mulchwirtschaft um 12% geringere Erträge zu verzeichnen.

Der Rapsanbau mit extrem reduzierter Bodenbearbeitung ist in feuchten, als auch in trockenen Vegetationsjahren, als günstig zu beurteilen. Die Mulchvarianten im Rübenbau sind der Lockerboden-Wirtschaft im Bezug auf das Ertragsverhalten gleich zu setzen, nur das wassersparende Verfahren der extremen Festbodenwirtschaft im Trockenjahr erreichte gegenüber den anderen Systemen Ertragsvorteile.

Der Kornproteinерtrag als Merkmal des landeskulturellen Wertes von Winter- und Sommerweizen

Michael Oberforster & Manfred Werteker*

Einleitung

Der „landeskulturelle Wert“ ist zentrales Element des Zulassungsverfahrens von Sorten landwirtschaftlicher Pflanzenarten. Die österreichische Definition des landeskulturellen Wertes (Saatgutgesetz 1997) geht mit dem deutschen Saatgutverkehrsgesetz 1985 (zuletzt geändert 2004) weitgehend konform, auch dessen Interpretation (Schnock 1997) ist vergleichbar. Die Frage ist, inwieweit bei Weizen der Kornproteinерtrag den Sortenwert charakterisiert.

Material und Methoden

Versuche, Sorten und Merkmale: 4 konventionell durchgeführte Versuchsserien von Winterweizen, 2 Versuchsserien von Biowinterweizen und 2 Serien von Sommerweizen aus den Jahren 2001 bis 2004 wurden analysiert. Das Sortiment umfasste Qualitätsweizen (Backqualitätsgruppen 7, 8 und 9) und Mahlweizen (Gruppen 3 bis 6). Der Kornproteinерtrag (kg/ha) wurde durch Multiplikation von Kornertrag (TS.) und Proteingehalt errechnet. Der Proteinерtrag wurde mit der Zielgröße Roherlös (€/ha), dem Produkt aus Kornertrag und Produzentenpreis (€/t), in Beziehung gesetzt.

Tab. 1: Qualitätsanforderungen (gemäß Anbau-Liefervertrag der RWA Raiffeisen Ware Austria AG) und Produzentenpreise bei konventionell erzeugtem Weizen

Merkmal	Premiumweizen	Qualitätsweizen	Mahlweizen	Futterweizen
Backqualitätsgruppe der Sorte	7 - 9	7 - 9	3 - 6 (7 - 9)	--
Hektolitergewicht, kg/hl	Basis 80 (mind. 78)	Basis 80 (mind. 77)	Basis 79 (mind. 76)	mind. 70
Rohprotein, % i. TS.	mind. 15,0	mind. 14,0	mind. 12,5	--
Feuchtkleber, %	mind. 32	mind. 30	mind. 28	--
Sedimentationswert, Eh	mind. 55	mind. 50	mind. 35	--
Fallzahl, sec.	mind. 280	mind. 250	mind. 220	--
Erzeugerpreis 2003 (2001), €/t	145	131	125 / 120	105 / 110
Erzeugerpreis 2004 (2002), €/t	126	115	97 / 93	88 / 90

Qualitätsanforderungen und Produzentenpreise: Für Premiumweizen wurden 145 bzw. 126 €/t eingesetzt, für Qualitätsweizen 131 bzw. 115 €/t, für Mahlweizen 125 bzw. 97 €/t (bei Sorten der Gruppen 7, 8, 9) und 120 bzw. 93 €/t (bei Sorten der Gruppen 3 bis 6). Futterweizenpartien wurden mit 88 €/t (Trockengebiet) bzw. 90 €/t (Feuchtlagen) bewertet. Für biologisch erzeugten Weizen (Speiseweizen) gilt: Hektolitergewicht 78 kg (Basiswert), mind. aber 75 kg (Preisabschlag von 0,70 €/t je kg Minderwert), Fallzahl mind. 220 sec., Proteingehalt 13,0 % und höher (363 €/t bei Sorten der Gruppen 7, 8 und 9), 11,0 bis 12,9 % (215 €/t), 10,0 bis 10,9 % (131 €/t), Ware unter 10,0 % wird als Futterweizen (129 €/t) übernommen.

* Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen Kornertrag und Kornproteinkonzentration besteht intra- und intervarietal (bei den vorgestellten Winterweizenserien: $r = -0,51^*$ bis $r = -0,91^{**}$) eine negative Beziehung. Dennoch ist es den Weizenzüchtern gelungen, die Kornproteinerträge deutlich anzuheben. Spanakakis (2000) schreibt die verbesserte N-Effizienz wesentlich auch dem gesteigerten Resistenzniveau gegenüber Krankheiten zu.

Winterweizen konventionell: Mit Korrelationen von $r = 0,70^{**}$ bis $0,84^{**}$ steht der Proteinertrag in engerer Beziehung zum Roherlös als der Kornertrag ($r = -0,01$ bis $0,32$) bzw. der Proteingehalt ($r = 0,27$ bis $0,56^{**}$).

Sommerweizen konventionell: Die Ergebnisse sind prinzipiell ähnlich wie bei Winterweizen, doch ist die Spannweite der Ausprägungen bei Ertrag, Qualität, Kornproteinertrag und Erlös meist geringer.

Winterweizen biologisch: Wegen der enormen Preissprünge hinsichtlich des Proteingehaltes ist der Zusammenhang von Kornertrag und Roherlös negativ ($r = -0,48^*$ bzw. $-0,68^{**}$) und jener zwischen Proteinertrag und Erlös nicht signifikant ($r = 0,24$ bzw. $0,37$). Die Proteinerträge differieren von 623 bis 714 kg/ha, die Roherlöse in weitem Bereich von 710 bis 1842 €/ha.

Tab. 3: Intervarietale Korrelationen (r) von Kornertrag, indirekten Parametern der Backqualität und dem Kornproteinertrag mit dem Roherlös von Weizen

Sortiment	Versuchszahl		Kornertrag	Hektolitergewicht	Rohprotein	Feuchtkleber	Sedimentationswert	Fallzahl	Kornproteinertrag
	Versuchszahl	Sortenzahl							
Winterweizen 2001 konv., TG	7	14	0,28	0,60*	0,27	0,26	0,62**	0,09	0,77**
Winterweizen 2001 konv., FG	7	17	0,32	0,29	0,28	0,43*	0,18	0,18	0,71**
Winterweizen 2003 konv., FG	7	18	0,18	0,58**	0,62**	0,49*	0,53*	0,01	0,84**
Winterweizen 2004 konv., TG	7	22	-0,01	0,54**	0,56**	0,51**	0,42*	-0,21	0,70**
Sommerweizen 2002 konv.	5	8	0,64*	0,71*	0,47	0,68*	0,53	-0,31	0,70*
Sommerweizen 2003 konv.	5	9	-0,13	0,30	0,72**	0,81**	0,62*	-0,25	0,70*
Winterweizen 2003, biologisch	5	14	-0,48*	0,48*	0,65**	0,68**	0,59*	0,48*	0,37
Winterweizen 2004, biologisch	5	16	-0,68**	0,15	0,82**	0,79**	0,61**	0,13	0,24

* Signifikant bei $P=0,05$, ** Signifikant bei $P=0,01$

Für konventionell geprüfte Weizensorten gilt: Der Kornproteinertrag (kg/ha) steht als Sorteneigenschaft in signifikant positiver Beziehung zum Roherlös (€/ha) und damit zum landeskulturellen Wert. Der intervarietale Zusammenhang von Kornertrag und Erlös ist überwiegend lose. Im Biolandbau bestimmen ein begrenztes Ertragspotenzial und ein möglichst hoher Proteingehalt den Wert von Weizensorten.

Literatur

- Schnock U., 1997: Handhabung des Begriffes „Landeskultureller Wert“ als Voraussetzung für die Sortenzulassung. Vortr. Pflanzenzüchtg. 39, 5-13.
- Spanakakis A., 2000: Züchtung von Winterweizen mit verbesserter N-Effizienz. In: Initiativen zum Umweltschutz, Bd. 21, Erich Schmidt Verlag, 97-142.

Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais (*Zea Mays* L.) - Quantifizierung der genotypbedingten Variation

Sandra Kruse, Antje Herrmann & Friedhelm Taube*

Einleitung

Der Futterwert von Silomais wird neben dem Stärkegehalt entscheidend durch die Abbaubarkeit der Zellwand determiniert. Die Anteile der Faserkomponenten sind wie ihre Gehalte an der Gesamtpflanze im Verlauf der Abreife systematischen Veränderungen unterworfen. In der generativen Phase sinken die Gehalte an Gerüstsubstanzen im Kolben aufgrund der Stärkeakkumulation, während sie in der alternierenden Restpflanze zunehmen. Diese Prozesse werden zum einen durch den Genotyp, aber auch durch Umweltbedingungen beeinflusst.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die genotypbedingten Gehaltsveränderungen der Zellwandbestandteile NDF (neutral detergent fiber) und ADF (acid detergent fiber) im Vegetationsverlauf für die Restpflanze, den Kolben und die Gesamtpflanze unterschiedlicher Maisgenotypen zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die vorgestellte Untersuchung basiert auf dreijährigen Daten (2001-03) die auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel erhoben wurden. Acht Silomaisarten, die hinsichtlich Reifegruppe und Abreifeverhalten das Sortenspektrum von Silomais charakterisieren, wurden geprüft. Die Beprobung erfolgte an sechs Terminen (1 vor, 5 nach der Blüte). Mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) wurden die Gehalte an NDF und ADF der Kolben und Restpflanzen bestimmt, wobei Kalibrations- und Validationsproben in Anlehnung an Goering und van Soest (1970, zit. bei Naumann und Bassler, 1976) analysiert wurden. Die Gehalte der Gesamtpflanze wurden rechnerisch anhand der Anteile von Kolben und Restpflanze und deren Gehalte ermittelt. Die varianzanalytische Verrechnung erfolgte durch die Prozedur ‚mixed model‘ des Programmpaketes SAS 8.2 (SAS Inst. Inc.), wobei für ‚repeated measurements‘ eine heterogene, autoregressive Kovarianz-Struktur angenommen wurde. Paarweise Mittelwertvergleiche wurden mittels t-test und anschließender Bonferroni-Holm-Korrektur vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verläufe der NDF- und ADF-Gehalte in der Gesamtpflanze der drei Reifegruppen sind in Abb. 1 dargestellt. Durch die einsetzende Stärkeakkumulation im Kolben sinken die Gehalte im Verlauf der Abreife von 40 auf 18% NDF bzw. von 19 auf 7% ADF, während sie in der alternierenden Restpflanze zunehmen (48-73% NDF; 26-43% ADF). In der Gesamtpflanze spiegelt sich der steigende Kolbenanteil durch sinkende Gerüstsubstanzengehalte wider. Nachdem die Gehalte bis zur Kolbenentwicklung auf 50-55% (NDF) bzw. 28-32% (ADF) ansteigen, sinken sie auf 40-43% bzw. 22-25%. Die früheren Sorten weisen auf Grund der vorangeschritteneren Abreife einen signifikant niedrigeren Gehalt ab Termin 2 auf. Im Bereich der Siloreife (Termin 5-6) unterscheiden sich die Reifegruppen in den NDF- bzw. ADF-Gehalten der Gesamtpflanze, jedoch nicht in den Gehalten der einzelnen Fraktionen signifikant voneinander.

* Inst. für Pflanzenbau und -züchtung -Grünland und Futterbau/Ökolog. Landbau- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

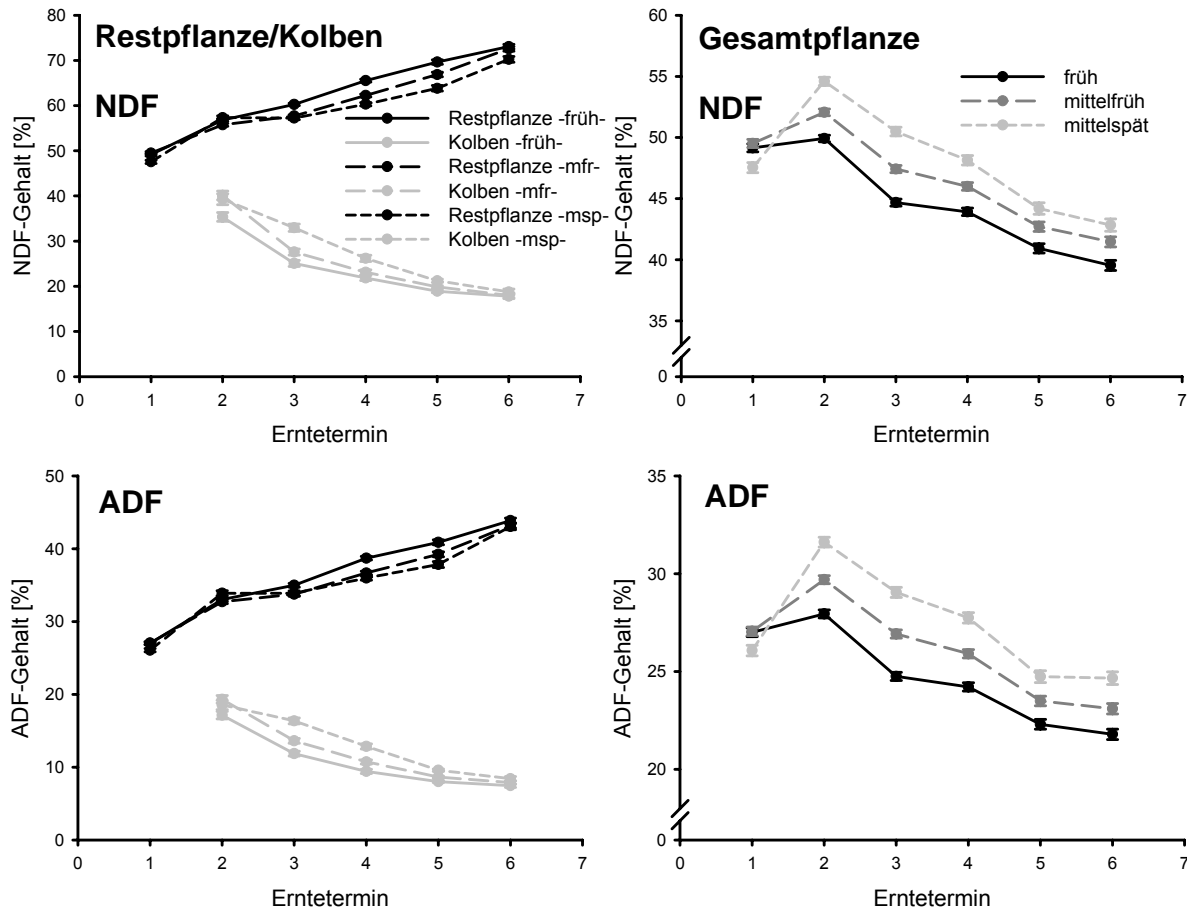


Abb. 1: Gehalte von Restpflanze bzw. Kolben und Gesamtpflanze der frühen, mittelfrühen (mfr) und mittelspäten (msp) Reifegruppe an NDF und ADF im Mittel über die Jahre 2001-2003, I: Standardfehler.

Die Interaktion ‚Sorte (innerhalb Reifegruppe)*Termin‘ zeigt einen signifikanten Einfluss auf die NDF- bzw. ADF-Gehalte der Restpflanze, des Kolbens und der Gesamtpflanze (Daten nicht gezeigt). Die NDF-Gehalte der Restpflanze (2.-5.Termin) variieren ebenso wie die der Gesamtpflanze (2.-3. Termin) innerhalb der frühen und mittelfrühen Reifegruppe. Die ADF-Gehalte der Restpflanze (2.-5. Termin) unterscheiden sich wie die der Gesamtpflanze (2.-3. Termin) signifikant voneinander in der frühen und mittelfrühen, im Kolben in der mittelfrühen (5. Termin) Reifegruppe.

Die Gehalte an Gerüstsubstanzen erlauben keine Aussage darüber, ob sich die Genotypen in ihrer Abbaubarkeit unterscheiden, zur weiteren Differenzierung wird aus diesem Grund die Gasbildung in Anlehnung an den Hohenheimer-Futterwerttest analysiert. Da außerdem der Faktor ‚Jahr‘ als Haupteffekt oder in Interaktion einen höchst signifikanten Einfluss auf die Gehalte an Gerüstsubstanzen aufwies, werden die umweltbedingten Variationen der Gehalte mit dem witterungsgesteuerten Modell FOPROQ quantifiziert (Kruse et al., 2005).

Literatur

Kruse, S., A. Herrmann, A. Kornher, F. Taube, 2005: Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais (*Zea Mays* L.) - Quantifizierung der umweltbedingten Variation mit dem Modell FOPROQ. dieser Tagungsband.

Naumann, C., R. Bassler, 1976: Methodenbuch Bd.III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. Verlag Neumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.

Autorenverzeichnis

Adamiak, Ewa.....	54, 56	Claupein, W.	42, 58, 68, 82, 86,
Adamiak, J.	54, 56	.....	90, 92, 94, 98, 100, 142,
Aigeltinger, R.	205	.....	152, 160, 341, 347, 359, 377
Albracht, R.	64	Connor, D. J.	3
Aliu, S.	243	Dahlmann, C.	22
Allahgholipoor, M.	355	Dai, M.	58
Andreeva, K.	287	Debruck, J.	393
Apfelbeck, R.	397	Deike, S.	361
Ashfaq, M.	170	Dersch, G.	313
Baatar, U.-O.	271	Dicke, D.	176
Banaszuk, P.	166	Dieckmann, J.	401
Baranyk, P.	62	Diepenbrock, W.	52, 162, 170,
Baresel, J. P.	371	.....	174, 247, 317, 331, 337
Barta, J.	241	Diepolder, M.	134
Batchelor, W. D. ...	92, 94, 98, 100, 377	Dittmann, Lisa.....	102, 273, 291
Baumecker, M.	227	Dobos, G.	148
Baumgarten, A.	96	Dornbusch, T.	331
Baumgartner, Sabine.....	168	Dreymann, S.	181
Bečka, D.	235	Dryšlová, T.	50
Becker, K.-W.	72	Dubrovský, M.	108, 215
Becker, Th.	209	Ebertseder, T.	134
Berghofer, E.	146, 349	Eder, G.	138
Besenhofer, G.	40	Eitzinger, J.	215, 229, 277, 343
Biewer, S.	275	Eitzinger, S.	112
Binder, J.	58	Ellmer, F.	205, 227, 315, 357
Bischoff, J.	399	Elsebach, Katja.....	185
Biskupek-Korell, Bettina.....	211	Emeis, N.	84
Bockholt, Renate	273, 291	Erasmí, S.	275
Bodner, G.	48, 120, 233	Erekul, O.	357
Boelcke, Barbara	257	Farack, M.	18
Böhm, H.	30, 118	Farthofer, R.	391
Böhmel, Constanze	160	Faustmann, P.	20
Bohner, A.	138	Fecková, J.	367
Bolhar-Nordenkamp, H. R.	313	Fetahu, S.	243
Both, S.	323	Finckh, Maria	395
Böttcher, U.	104, 110, 327, 339	Fischer, Ch.	275
Bouws-Bauermann, Heidi.....	395	Fischer, Julia.....	283
Brant, V.	66, 68	Fischer, Meike	385
Braune, H.	337	Formayer, H.	7, 215, 277
Brück, H.	74	Förster, Karin	247
Brunn, A.	275	Franz, C.	251
Buchgraber, K.	213	Freydank, S.	162
Büchse, A.	395	Freyer, B.	20, 122, 391
Çapouchová, Ivana.....	144	Fricke, T.	269, 275
Černý, I.	367	Friedel, J. K.	20, 122, 301, 391
Christen, O.	84, 317, 319, 323,	Fuchs, Julia.....	311
.....	361, 399	Gastl, Ch.	255
Cihlář, P.	235	Gaudchau, M.	209

Gerzabek, M. H.	96	Hübner, W.	38
Ghasemnezhad, A.	253	Hülsbergen, K.-J.	255, 379
Ghodsí, M.	355	Hüttner, F.	38
Ghuneim, N.	259	Johnen, T.	327
Gierus, M.	261, 265, 295, 307, 309	Jozefyová, Lucie	329
Gimplinger, D. M.	148, 239	Kaçiu, S.	243
Glauning, J.	40	Kage, H.	104, 110, 128, 327, 335, 339, 381, 383
Golinski, P.	289	Kahlau, Anja	337
Gottardi, S.	269	Kahle, Petra	102, 257
Graeff, Simone	58, 86, 90, 92, 94, 98, 100, 347, 359, 377	Kahlen, Katrin	333, 363
Graß, R.	26	Kainz, M.	379
Grausgruber, H.	146, 349	Kaiser, G.	112
Greef, J. M.	207, 299	Kalinova, Jana	172, 241
Gretzmacher, R.	259	Kappas, M.	275
Grimm, E.	170	Kappert, Rita	80
Gröll, Kerstin	90	Kargl, Christine	168
Gruber, Sabine ...	42, 68, 142, 189, 341	Katroschan, K.	32
Gruszczynski, G.	215, 343	Kaul, H.-P.	28, 48, 120, 148, 233, 239, 245, 353, 403
Haase, N. U.	34, 118	Kauter, D.	152, 160
Haase, T.	34	Kelm, Ch.	221
Häberle, Annette	42, 142	Kelm, M.	130
Hahn, Heike	287, 369	Kenter, Christine	345
Hantke, M.	70	Kikuta, S. B.	122
Haumann, J.	112	Kikuta, Silvia, B.	1
Hayes, M.	108	Klaghofer, E.	13
Heinzinger, M.	20	Kleen, Jana	261, 295, 309
Heinzlmaier, F.	96	Klik, A.	20
Henke, J.	383	Klug, B.	271
Herbst, F.	325	Kluth, Ch.	397
Hermann, W.	82, 347	Kluth, Stephanie	397
Herndl, M.	359	Koch, H.-J.	44, 46, 401
Herrmann, Antje	261, 297, 299, 307, 407	Kohl, M.	335, 381
Heß, J.	34	Kölsch, E.	34
Heuer, H.	44	Koop, B.	257
Hildebrandt, Elke	291	Köppen, D.	231, 351
Himstedt, M.	275	Kornher, A.	297, 299
Hinck, S.	84	Kowalski, Britta	351
Hlavickova, Dagmar	66, 68	Krause, Tanja	118
Hoffmann, Christa	72, 345	Křen, J.	50
Hofmair, W.	76	Kromp-Kolb, Helga	7
Hofmann, B.	317, 319, 323, 325, 399	Krüpl, C.	60
Holec, J.	62	Kruse, Sandra	261, 297, 407
Honarnejad, R.	355	Kühbauch, W.	219, 375
Honermeier, B.	126, 156, 209, 251, 253	Kuhn, Katharina	247
Höppner, F.	299	Kurowski, T. P.	56
Hrbek, Regina	301	Laser, H.	64, 279
Huber, K.	112	Leithold, Barbara	221
		Lemmens, M.	353

Liebhard, P.	40, 48, 132, 271, 403	Peñalver, A.	351
Limbrunner, B.	88	Peterka, J.	241
Link, Johanna .	86, 92, 94, 98, 100, 193	Petr, J.	144
Linke, R.	112, 313	Pfundtner, E.	313
Liu, M.	58	Piepho, H.-P.	373, 395
Lock, R.	219	Pietsch, Gabriele	122, 391, 301
Loges, R.	118, 130,	Poetsch, J.	152
.....	140, 181, 197, 225	Postl, W.	112
Loiskandl, W.	120, 122, 233	Pötsch, E. M.	389
Lössl, A.	249	Prade, Ch.	142
Luthardt-Behle, Th.	209	Procházková, B.	50
Maidl, F.-X.	88	Pude, R.	164, 166
Málek, J.	50	Pulkrábek, J.	329
Manderscheid, R.	78, 106, 365	Ramadani, S.	243
Märlander, B.	72	Raschbacher, S.	134
Martins, P. M.	251	Rath, J.	299
Matthes, C.	156	Rathke, Gisa-Wilhelmine	52,
Mattsson, Marie	78	.....	162, 174, 317
Mauschering, I.	140	Raupp, J.	36, 385
Mazur, P.	217	Reents, H. J.	371
McManus, M. A.	369	Remešová, I.	50
Meister, M.	313	Resch, R.	389
Menge-Hartmann, Ute	237	Richter, H.	1
Meyer, B.	72	Richter, O.	207
Miller, H.	401	Richter, V. C. S.	207
Moritz, T.	168	Rinnofner, T.	122, 391
Moschner, Ch. R.	211	Rischbeck, P.	112
Moudrý, J.	16, 172, 241	Rogasik, H.	46
Moudrý, J. jr.	16	Römheld, V.	385
Možný, M.	108	Röser, T.	174
Müller, J.	337	Ruckenbauer, P.	146, 349
Müller, K.	84	Rücknagel, J.	319
Müller, Karla	104, 339	Salihu, S.	353
Naumenko, V.	170	Sasse, A.	315
Neckar, K.	66	Sattelmacher, B.	74
Neff, Michaela	293, 305	Schaaf, S.	78
Neudert, L.	50	Schäfer, J.	98
Neumann, H.	197	Schaumberger, A.	215, 277
Noga, G.	164	Schiborra, Anne	265
Nonn, H.	219	Schittenhelm, S.	114
Oberforster, M	24, 405	Schlimbach, G.	263
Oerlemans, Johanna	201	Schmid, E.	48, 132
Oltmanns, Meike	36, 385	Schmid, H.	255
Onasch, Ingrid	46	Schmidt, L.	321
Öncan, F.	357	Schmidtke, K.	387
Opitz von Boberfeld, W.	64, 217,	Schmitt, A.-K.	317
.....	263, 283, 293, 303, 305	Schneider, W.	112, 229
Pacholski, A.	365	Schönlechner, R.	239
Pačuta, V.	367	Schönlechner, Regine	146
Pallutt, B.	361	Schüler, Ch.	26, 34

Schulte auf'm Erley, Gunda.....	148	Trnka, M.	108, 215, 277, 343
Schumacher, Britt.....	160	Tulipan, Monika	96
Schwabe, Ines	18	Ulrich, S.	317, 319
Schwarz, K.	112	Unger, Ch.	351
Scott, D. B.	369	Uptmoor, R.	124
Semerádová, Daniela	108	Urban, J.	329
Senbayram, M.	74	Urbatzka, P.	26
Shala-Mayrhofer, Vitore.....	353	Váchal, J.....	16
Siebenhandl, Susanne	146, 349	Vašák, J.....	235
Siebrecht, N.....	379	Vildová, Anna.....	158
Sieling, K.	128, 383	Vollmann, H.	245
Smutný, V.....	50	Vollmann, J.....	150, 168
Soja, Anna-Maria.....	229	Von Fragstein und Niemsdorff, P.....	22
Soja, G.	229	Wachendorf, M.	136, 269, 275
Soukup, J.....	62	Wagentristl, H.	28, 40, 245, 403
Sourell, H.....	114	Wahbi, A.....	116
Stahr, K.....	142	Wang, P.....	58
Stenitzer, E.....	116	Weber, A.....	347
Sterzenbach, M.	281, 283, 285	Weber, E.....	221
Stockfisch, Nicol	311	Weigel, H.-J.	106, 365
Štolcová, M.....	158	Weihs, P.	112
Stolzenburg, Kerstin	154	Weiland, P.	114
Strauss, Sieberth, A.....	120, 122	Weinzel, Ingrid	349
Stützel, H.....	32, 124, 333, 363	Wernecke, P.	331
Surböck, A.	20	Werteker, M.	405
Svoboda, M.	108	Wichmann, S.	28, 225
Tanneberg, H.....	317, 323	Wiechers, D.	333
Tartachnyk, Iryna.....	375	Wienhold, B. J.....	52
Taube, F.	118, 130, 136, 140, 181, 197, 225, 261, 265, 295, 297, 299, 307, 309, 407	Wilhite, D.	108
Terry, F. J.	351	Willner, E.	287
Thumm, U.....	267	Wozniak, H.	126
Tischer, S.	317, 323	Yan, F.	126, 251
Tlaskalová-Hogenová, Helena.....	144	Yavas, I.....	357
Tomanová, Olga.....	44, 46	Žalud, Z.	108, 215
Tonn, Bettina	267	Zamboch, M.....	66
Trautz, D.....	70	Zillmann, E.....	86, 92, 98, 100
Treseler, C.-H.	164	Zimmermann, G.....	371
		Zitterl-Eglseer, K.	251
		Zöchbauer, J.....	271