LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Modellierung der Ammoniak-Emission nach Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern

Pacholski, Andreas Siegfried; Gericke, Dirk; Kage, Henning

Published in:
Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Publication date:
2007

Document Version
Verlags-PDF (auch: Version of Record)

Link to publication

Citation for pulished version (APA):
Pacholski, A. S., Gericke, D., & Kage, H. (2007). Modellierung der Ammoniak-Emission nach Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern. In A. Hermann, & F. Taube (Hrsg.), *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* (Band 19, S. 282-283). Verlag Schmidt & Klaunig . http://www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband_2007.pdf/view

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 04. Juli. 2025

Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 19

„50 Jahre Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften - Rückblick und Perspektiven für die Zukunft“

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.

Präsident: Prof. Dr. F. Taube
Geschäftsführerin: PD Dr. A. Herrmann

Geschäftsstelle:
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Hermann-Rodewald-Straße 9
24118 Kiel
Straßenanschrift: Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel
Tel.:++49(0)431/880-7420, Fax.:++49(0)431/880-4568
e-mail: ajaekel@email.uni-kiel.de

50. Jahrestagung
vom 18. bis 20. September 2007
in Bonn

50 Jahre Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Rückblick und Perspektiven für die Zukunft

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber
A. Herrmann, F. Taube
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Verlag Schmidt & Klaunig KG
Kiel 2007

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 978-3-88312-412-4
ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: Schmidt & Klaunig KG Druckerei Verlag, Ringstraße 19, Postfach 3925, 24038 Kiel, Tel.: 0431 660640

Inhalt

Plenarvortrag

FISCHBECK, G.: 50 Jahre Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Entwicklungslinien in der Forschung für den Pflanzenbau 1

MEINKE, H.: Innovation by design – Landwirtschaftliche Forschung im 21. Jahrhundert 6

Posterbeiträge

Posterführung 1

SCHÄFER, T.; HONERMEIER, B.: Einfluss unterschiedlicher N- und S-Düngung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) 8

STOCKMANN, F.; WEBER, A.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.; SCHMIDT, R.: Analyse verschiedener – unter ökologischen Bedingungen produzierten – Weizen-, Dinkel- und Roggensorten hinsichtlich ihres Acrylamid-Bildungspotenzials und ausgewählter Qualitätsparameter 10

WEBER, A.; GRAEFF, S.; KOLLER, W.-D.; MERKT, N.; HERMANN, W.; CLAUPEIN, W.: Einfluss der Stickstoffdüngerform und einer Schwefeldüngung auf den Acrylamid-Vorstufengehalt von Winterweizen 12

MÜLLER, J.; KAYSER, M.; LUKER, M.: Auswirkungen unterschiedlicher Strategien der Fruchtfolgegestaltung auf Parameter der N-Effizienz von Sommergetreide....14

BECKER, K.; LEITHOLD, G.: Effekte des Anbausystems Weite Reihe im Ökologischen Landbau auf Ertrag und Qualität von Getreide und Raps 16

WESTPHAL, D.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Teilflächenspezifische Wirtschaftsdüngung in Öko-Winterweizen unter schleswig-holsteinischen Anbaubedingungen 18

HEY, M.; LOOK, B.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Einfluss von Saatdichte und Reihenweite auf Pflanzenentwicklung, Winterrapsertrag und Kornqualität bei dem Semidwarf Belcanto 20

STIEBERITZ, M.; LOOK, B.; KÖHLER, A.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Einfluss variierter Stickstoffdüngung auf Ertrag und Kornqualität bei verschiedenen Winterrapsgenotypen....22

KÖPPEN, D.; KOWALSKI, B.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: Wirkungen einer Gülledüngung zu Silomais und Untersaat zu Winterroggen auf die Salden der Humus- und Stickstoffbilanzen sowie des N_{min}-Gehaltes in einer dreifeldrigen Fruchtfolge 24

Posterführung 2

FÖRSTER, K.; KUHN, K.; DIEPENBROCK, W.: Saatgutbefall von Winterweizen mit *Fusarium culmorum*: Bekämpfung mit Pflanzenextrakten 26

ABELE, A.; HERMANN, W.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Screening ausgewählter Weißfäulepilze für den Abbau von Maisstroh auf dem Feld zur Reduktion der Mykotoxinbelastung in der Folgekultur Winterweizen....28

LOGES, R.; EBERLE, M.; TAUBE, F.: Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau.....30

KOWALSKI, B.; WEDELL, K. N.; KÖPPEN, D.: Untersuchungen zur Auswirkung der Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln im Feld auf die Lagerung von Kartoffelknollen.....32

GRUBER, S.; CLAUPEIN, W.: Primäre Dormanz in reifenden Rapssamen 34

DAEDLOW, D.; DITTMANN, L.; MOL, F. DE,: Untersuchungen zum Fraß von Ackerunkrautsamen 36

EINHORN, G.; BRANDAU, J.: Versuche zur Eignung von Mikroorganismen als Rottebeschleuniger bei Unkrautsamen 38

GRUBER, S.; CLAUPEIN, S.: Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Ertrag und Unkrautaufkommen 40

LOGES, R.; HÄUSSLER, R.; TAUBE, F.: Herbizide Effekte einer Kainit-Düngung auf definierte Unkrautpopulationen in Winterweizen 42

RAUBER, R.; LIEBENAU, S.; FRIEDERICHS, E.; SCHMIDTKE, K.: Pflanzenbauliche Auswirkungen einer Untersaat mit Spitzwegerich in ökologisch angebauten Kartoffeln.....44

Posterführung 3

STOLZENBURG, K.: Ergebnisse dreijähriger Versuche mit Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L) im Rheintal.....46

STOLZENBURG, K., Ergebnisse mehrjähriger Versuche mit Amaranth (*Amaranthus ssp.*) in der Rheinebene 48

LANKES, C.; PUDE, R.: Fünfjährige Untersuchungen zu Anzucht und Anbau von *Stevia rebaudiana* 50

SCHENK, R.; BODE, K.; ELLMER, F.: Vergleich der Leistungsfähigkeit alter Sommerweizensorten (*Triticum aestivum* L.) mit gegenwärtig zugelassenen Sorten 52

FUCHS, J.; STOCKFISCH, N.; MÄRLÄNDER, B.: Leistungspotential und Ertragsentwicklung im deutschen Zuckerrübenanbau 54

PACYNA, S.; KOCH, H.-J.: Vergleich der Zuwachsraten von Zuckerrübe, Mais, Raps und Weizen auf einem Lössstandort 56

GREBE, S.; STÜLPNAGEL, R.; WACHENDORF, M.: Teil- und Ganzpflanzenerträge unterschiedlicher Triticale- und Weizen-Sorten für die Herstellung von Biogas und Ethanol bzw. zur thermischen/stofflichen Verwertung („SUNFUEL“) 58

LIEBHARD, P.; REFENNER, K.; WAGENTRISTL, H.; STREIßELBERGER, J.: Einfluss des Standortes, der Sorte und der Rotationsdauer auf den zehnjährigen Ertrag bei Weide im Kurzumtrieb 60

MAYUS, M.; HERMANN, W.; CLAUPEIN, W.: Vergleichende Untersuchung zur Effizienz der Energieproduktion von Salix in einer Plantage und im Agroforsystem ..... *

Posterführung 4

SCHIEMENZ, K.; DRESOW, J.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: Verwertung von Biomasse-Aschen zur P-Düngung im Pflanzenbau.....62

BACHMANN, S.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: AUSwirkungen von Biomasseaschen auf die P-Fraktionen des Bodens 64

AL METHYEB, M.; RUPPEL, S.; EICHLER-LÖBERMANN, B.: Nutzung von Mikroorganismen für eine verbesserte P-Versorgung im Pflanzenbau 66

HOF-KAUTZ, C.; SCHMIDTKE, K.; RAUBER, R.: Vorfruchtwirkung winterannueller Körnerleguminosen in Reinsaat und Gemengesaat 68

BÖHM, H.; BILAU, A.: Auswirkungen unterschiedlicher Aussaatstärkenverhältnisse von Gemengen mit der Schmalblättrigen Süßlupine (*L. angustifolius*) auf den Kornertrag 70

WICHMANN, S.; FARZANEH, M.; KAUL, H.-P.: Untersuchungen zum Trockenmassezuwachs und zur Stickstoffaufnahme von Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.) und Erbsen (*Pisum sativum* L.) 72

JOST, B.; SCHMIDTKE, K.; RAUBER, R.: Kalkulation der N_2-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau 74

JUNG, R.; RAUBER, R.: Einfluss des b-Wertes auf die Schätzgenauigkeit des Anteils Stickstoff aus der Luft (Ndfa) von Leguminosen bei Anwendung der δ^{15}N-Methode 76

Posterführung 5

MANDERSCHEID, R.; BRAMM, A.; WEIGEL, H.-J.: Beziehungen zwischen dem täglichen Zuwachs des Rübenkörpers und klimatischen Faktoren in einem Zuckerrübenfeld 78

BURKART, S.; MANDERSCHEID, R.; WEIGEL, H.-J.: CO_2-Austauschraten von Zuckerrübenbeständen unter unterschiedlicher atmosphärischer CO_2-Konzentration und Stickstoffversorgung: Ergebnisse eines Freiland-Experiments 80

MANDERSCHEID, R.; NOZINSKI, E.; WEIGEL, H.-J.: Freilanduntersuchungen (FACE) zu Rückkoppelungseffekten zwischen zukünftigen atmosphärischen CO_2-Konzentrationen und Wasserhaushaltsgrößen in Maisbeständen 82

PIETSCH, G.; FRIEDEL, J. K.; RINNOFNER, T.; STRAUSS-SIEBERTH, A.; LOISKANDL, W.: Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von ökologisch bewirtschafteten Luzernebeständen im Trockengebiet Ostösterreichs 84

LEHMEIER, C.; LATTANZI, F. A.; WILD, M.; SCHÄUFELE, R.; SCHNYDER, H.: Die Substrat-Pools der Respiration von Deutsch Weidelgras 86

RAVI, V.; LINK, J.; CLAUPEIN, W.: Computation of vernalization requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) using an additive phenological model 88

BINDER, J.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.; LIU, M.; DAI, M.; WANG, P.: Abschätzung des Ertragspotentials von Frühjahrs- und Sommermais in der Nordchinesischen Tiefebene 90

KOHL, M.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Vergleich verschiedener Ansätze zur Modellierung der Nitrataufnahme im Unterboden unter Berücksichtigung heterogener Wurzelverteilung 92

MAYUS, M.; KEULEN, H. VAN; KEESMANN, K.; WERF, W. VAN DER: Minimum model complexity for accurate long-term predictions of bio-economic output of silvo-arable systems in selected regions in Europe: Calibration and validation of the biophysical model Yield-SAFE ..... *

Posterführung 6

PETER, R.; STAMP, P.; LIEDGENS, M.: Swiss maize landraces – Their early vigour under cool conditions 94

LIEDGENS, M.; PA-IN, N.; HUND, A .; STAMP, P.: Profile von Wurzeleigenschaften tropischer Maisgenotypen mit unterschiedlicher Trockenheitstoleranz 96

LIEDGENS, M.; STAMP, P.; PETER, R.: Eine vereinfachte Schätzung der Wurzellänge von Maisjungpflanzen 98

LIEBHARD, P.; BODNER, G.; KAIMBACHER, B.: Wurzelcharakteristika und Wasserverbrauch unterschiedlicher Pflanzenarten als Begrünungszwischenfrucht im semiariden Produktionsraum 100

STAMP, P.; VOGLER, A.; BANNERT, M.: Cross-pollination of maize in long distance....102

NEUHOFF, D.; OSTBOMK, A.: Die Auswirkung grüner Gentechnik auf den europäischen Markt für Öko-Lebensmittel....104

Symposium 1: Schnittstellen der Pflanzenbauwissensch. zur Pflanzenzüchtung

KENTER, C.; HOFFMANN, C.: Einfluss von Genotyp und Umwelt auf den Markgehalt von Zuckerrüben....106

WEIDER, C.; MUNSCH, M.; STAMP, P.: Plus-Hybrids in Maize, a new approach of gene flow mitigation increasing the yield 108

SIELING, K.; KAGE, H.: Beitrag von Raps-Halbzwerggenotypen zur Verminderung der N-Problematik nach Raps 110

BUHRE, C.; KLUTH, C.; VARRELMANN, M.: Einfluss von Fruchtfolge und Sortenwahl auf den Befall mit *Rhizoctonia solani* an Zuckerrüben....112

FELDE, A. von: Trends und Entwicklungen in der Energiepflanzenzüchtung 114

SCHUMANN, H.: Zur Optimierung der Biogasproduktion aus Mais und Sonnenblumen – Ansätze für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung 116

Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Gimplinger, D. M.: Analyse der Ertragsbildung bei Körneramarant in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte 118

Henke, J.: Strategien zur Verbesserung der N-Effizienz im Winterrapsanbau....122

MUSKULOS, A.: Anthropogene Nährstoffe im Pflanzenbau – Wirkung und Risiko....126

BÖHMEL, C.: Vergleichende Bewertung ein- und mehrjähriger Anbausysteme von Energiepflanzen mit unterschiedlicher Bestandesführung....130

NANNEN, D. U.: Quantifizierung der Düngerausnutzung in futterbaulichen Produktionssystemen mittels Stabilisotopen- und Differenzmethode 134

Symposium 2: Schnittstellen der Pflanzenbauwissenschaften zur Bodenkunde

ENGELMANN, K.; SIEBRECHT, N.; HÜLSBERGEN, K.; KAINZ, M.: Einfluss der Anbaustruktur und Bewirtschaftungsform auf Bodenerosion durch Wasser – Ein praxistauglicher Ansatz zur Abschätzung der Bodenabträge .... *

KOCH, H.-J.; DIECKMANN, J.; HEUER, H.: Bodenstruktur und Zuckerrübenwachstum – Ergebnisse aus Dauerversuchen mit differenzierter Bodenbearbeitung....138

HÜBNER, W.; ELLMER, F.: Bodenstrukturprobleme auf sandigen Standorten und ackerbauliche Lösungsansätze 140

BODNER, G.; LOISKANDL, W.; KAUL, H.: Zwischenfruchtbau unter wasserlimitierten Bedingungen 142

BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Ableitung von Parametern des Bodenwasserhaushalts aus Bestandestemperaturen durch Modellinversion 144

KÜSTERMANN, B.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Energieeinsatz und Emission von Treibhausgasen landwirtschaftlicher Betriebssysteme 146

Posterbeiträge

Posterführung 7

KESTING, S.; WRAGE, N.; SCHELLBERG, J.; ISSELSTEIN, J.: Schafbeweidung oder Mulchen? Ergebnisse eines langjährigen Landschaftspflegeversuches auf Grünland 148

MATTERN, T.; LASER, H.: Narbenregeneration nach Winterbeweidung in Abhängigkeit von der Schadensintensität 150

SCHELLBERG, J.; KURTZ, D.: Ground and satellite based assessment of rangeland management in sub-tropical grasslands of Argentina ..... *

SCHÖNBACH, P.; SCHIBORRA, A.; GIERUS, M.; MÜLLER, K.; TAUBE, F.: Einfluss von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Ertragsbildung von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei, China 152

SCHIBORRA, A.; GIERUS, M.; TAUBE, F.: Futterqualitätsparameter als Indikatoren nutzungsbedingter Veränderungen in einem natürlichen Graslandbestand in der Inneren Mongolei 154

EICKLER, B.; GIERUS, M.; PÖTSCH, E. M.; RESCH, R.; TAUBE, F.: Bestimmung des energetischen Leistungsvermögens von Futterleguminosen – Vergleich zweier *in vitro*-Methoden 156

SALAMA, H.; LÖSCHE, M.; HERRMANN, A.; GIERUS, M.; TAUBE, F.: Effect of genotype and ploidy level on yield and agronomic characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) 158

LÖSCHE, M.; SALAMA, H.; GIERUS, M.; HERRMANN, A.; TAUBE, F.: Der Einfluss pflanzlicher Proteasen auf den Proteinabbau bei unterschiedlichen Deutsch Weidelgrassorten (*Lolium perenne* L.) 160

KRUSE, S.; HERRMANN, A.; GREEF, J.; HÖPPNER, F.; RATH, J.; TAUBE, F.,: Genotyp- und umweltbedingte Variation in der Verdaulichkeit von Silomais (*Zea mays* L.) 162

KÖHNKE, S.; LASER, H.; OPITZ VON BOBERFELD, W.: Variabilität von Gärqualitätsmerkmalen im Vergleich unterschiedlicher Entnahmepositionen in einem Fahrsilo 164

GAMNITZER, U.; SCHÄUFELE, R.; SCHNYDER, H.: Beobachtung der Markierungskinetik von Kohlenstoff in einem Grasland-Ökosystem 166

WRAGE, N.; KÜCHENMEISTER, F.; ISSELSTEIN, J.: Stickstoffbilanzen und Isotopensignaturen von heterogenem Grünland 168

Posterführung 8

JOHNEN, T.; BÖTTCHER, K.; KAGE, H.: Analyse der Wechselwirkung von Ertragsbildung und Bodenwasserhaushalt bei Winterweizenerträgen an verschiedenen Geländepositionen 170

KRAUSE, U.; KOCH, H.-J.; SCHLINKER, G.; SANDER, G.: Einfluss des Dammanbaus von Zuckerrüben auf Pflanzenentwicklung und Bodenparameter im Vergleich zur Flachsaat....172

PREIßKER, C.; PENTSCHEW, H.-S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Wirkung unterschiedlicher Zuckerrübenkonzentrationen auf Bodeneigenschaften und Ertrag einer Löß-Schwarzerde im mitteldeutschen Trockengebiet....174

KNOBLOCH, M.; DÖLL, H.; RÜCKNAGEL, J.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Wirkung eines Gummibandlaufwerkes bei unterschiedlicher Überrollhäufigkeit und Fahrgeschwindigkeit auf physikalische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde 176

RÜCKNAGEL, J.; RÜCKNAGEL, R.; CHRISTEN, O.: Wirkung unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung auf das Auftreten von Feldmäusen (*Microtus arvalis*) in einem Winterweizenbestand bei Massenvermehrung 178

BORITZKY, A.; TISCHER, S.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Biologische Bodeneigenschaften in integrierten und ökologischen Anbausystemen auf Löß-Schwarzerde im mitteldeutschen Trockengebiet....180

SCHULZ, F.; LEITHOLD, G.: Effekte viehloser Öko-Bewirtschaftung in Kombination mit differenzierter Intensität der Grundbodenbearbeitung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen in einem Langzeitversuch....182

SZALAY, T.; WAGENTRISTL, H.; MOITZI, G.; WEINGARTMANN, H.; LIEBHARD, P.: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Kraftstoffverbrauch im semiariden Produktionsgebiet 184

GROHMANN, P.; HOFFMANN-BAHNSEN, R.: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die CO_2-Bilanz von Winterraps und Winterweizen 186

DEIKE, S.; KÜSTERMANN, B.; PALLUTT, B.; CHRISTEN, O.; BÖSE, S.: Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen des Getreideanbaus – Fallstudie auf mehreren Standorten Mittel- und Ostdeutschlands 188

DEUMELANDT, P.; CHRISTEN, O.:Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau - Einzelbetriebliche Bewertung mit dem Modell REPRO 190

Posterführung 9

MENKE, C.; RAUBER, R.: Anbau von Winterzwischenfrüchten zur Biogasnutzung vor Energiemais 192

SCHRADER, F.; RAUBER, R.; LINK, W.: Evaluierung von Winter-Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) als Zwischenfrucht für die Biogasproduktion 194

TATAH, E.; GAUDCHAU, M; HONERMEIER, B.: The impacts of maize genotype and maturity stage on dry matter, biogas and methan yields 196

HEUSER, F.; STÜLPNAGEL, R.; BUTTLAR, C. VON; WACHENDORF, M.: Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sieben Standorten im Bundesgebiet – Erste Ergebnisse aus einem Multisite-Experiment 198

NEUMANN, T.; SCHITTENHELM, S.; HUFNAGEL, J.; GREEF, J. M.: Möglichkeiten der Zusatzbewässerung beim Zweikulturnutzungssystem 200

HRBEK, R.; FREYER, B.; AMON, T.; FRIEDEL, J. K.: Nachhaltige Fruchtfolgesysteme für den konventionellen Energiepflanzenanbau in Österreich 202

SENSEL, K.; ELLMER, F.: Gärrückstände aus der Erzeugung von Biogas mit Energiepflanzen – Stoffkenngrößen und Variabilität 204

WRAGGE, V.; ELLMER, F.: Rückstände aus der Biogaserzeugung als Düngemittel bei Sommerweizen.....206

PACHOLSKI, A.; DITTERT, K.; ANDREE, H.; HARTUNG, E.; HERRMANN, A.; KAGE, H.; SIELING, K.; TAUBE, F.: BIOGAS-EXPERT — Untersuchung der Ertragspotentiale und des Stickstoffhaushaltes in ausgewählten Biogasfruchtfolgen Schleswig-Holsteins 208

WIENFORTH, B.; SVOBODA, N.; SIELING, K.; HERRMANN, A.; MEHRTENS, H.; TAUBE, F.; KAGE, H.: Biomassepotenziale von Energiefruchtfolgen – Szenarienberechnungen zur Trockenmasseproduktion und Wassernutzungseffizienz unter unterschiedlichen Wasserregimen 210

SVOBODA, N.; WIENFORTH, B.; MEHRTENS, H.; HERRMANN, A.; SIELING, K.; KAGE, H.; TAUBE, F.: Auswirkungen von Energiefruchtfolgen auf den Bodenwasserhaushalt – Szenarienberechnungen unterschiedlicher Wasserregime.....212

Posterführung 10

GRÖLL, K.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Einsatz des N-Sensors im Field Scann Modus zur Identifizierung von Pflanzenkrankheiten 214

GRAEFF, S.; LINK, J.; UPHAUS, M.; GRÖLL, K.; CLAUPEIN, W.: Evaluation of different sensor technologies at different scales to detect plant diseases in winter wheat.....216

DICKE, D.; JACOBI, J.: Quantifizierung der Vitalität von Mais nach Behandlung mit Herbiziden anhand fernerkundlicher Daten 218

PERBANDT, D.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Vergleich vertikaler und lateraler feldspektroskopischer Messungen zur Bestimmung des Wassergehaltes in Mais (*Zea mays* L.) 220

BÖTTCHER, U.; JOHNEN, T.; MEYER-SCHATZ, F.; KAGE, H.: Ableitung von Pflanzenparametern für Winterweizen aus reflektionsspektrometrischen Messungen.....222

GRAEFF, S.; LINK, J.; SCHÄFER, J.; BATCHELOR, W.-D.; CLAUPEIN, W.: Methods for updating crop-model predictions – applications for predicting biomass, grain yield and grain protein content 224

HIMSTEDT, M.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Einsatz von Farbinformationen bei der Bildanalyse zur Erkennung von Bodenanteilen in Leguminosengrasgemengen 226

BIEWER, S.; FRICKE, T.; WACHENDORF, M.: Abschätzung des Trockenmasseertrags von Weidelgrasbeständen und Kleegrasgemengen durch den Vegetationsindex EVI und hyperspektrale Datenauswertung.....228

LINK, J.; ZILLMANN, E.; GRAEFF, S.; BATCHELOR, W. D.; CLAUPEIN, W.: Method for generating site-specific prescription maps via offline technique.....230

LINK, J.; GUTJAHR, C.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Ableitung von teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen zur Optimierung des Maisanbaus hinsichtlich N-Düngung und Aussaatstärke 232

KIELHORN, A.; TRAUTZ, D.: Teilflächenspezifischer Deckungsbeitrag als Entscheidungsunterstützung für eine flexible Landnutzung 234

Posterführung 11

GHASEMNEZHAD, A.; WEINBRENNER, G.; HONERMEIER, B.: Influence of different photoperiods and temperature regimes on seed germination of evening primrose (*Oenothera biennis*) and borage (*Borago officinalis*) 236

PIETZSCH, K.; ULBRICH, A.; PUDE, R.: Projektentwicklung: Unkrautregulierung in Arznei- und Gewürzpflanzen – Leistungsvergleich verschiedener Techniken....238

YAN, F.; HONERMEIER, B.: Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis (*Pimpinella anisum* L.) in Abhängigkeit von Saatzeit, Bestandesdichte und Sorte 240

ALI, S.; HONERMEIER, B.: Effect of harvest frequency on leaf yield and concentration of polyphenols in artichoke (*Cynara cardunculus* L.) 242

ALMSTEDT, R.; ULBRICH, A; PUDE, R.: Inkulturnahme von Bärlauch (*Allium ursinum* L.) - unter besonderer Berücksichtigung des Faktors Licht - 244

AZIZI, A.; HONERMEIER, B.: Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Majoran und Dost in Abhängigkeit von Beregnung und Nitrifikationshemmer 246

Symposium 3: Schnittstellen der Pflanzenbauwissenschaften zur Ökologie

LANGENSIEPEN, M.; HERBST, R.; MITCHELL, P.; BURGESS, S.: Die Rolle der Modellierung bei der Zusammenarbeit zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und der Pflanzenökologie 248

KELM, M.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbausysteme: N-Bilanzsalden und N-Auswaschungsverluste - Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS....250

JÄGER, A.; WAGNER, B.; LOTH, K.; STEININGER, M.; CHRISTEN, O.: Die zielorientierte wasserrechtliche Ausgleichsregelung der kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (KWL) auf Basis modellgestützter Stickstoffbilanzierung 252

SIEBERT, L.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Zur Standortbindung von Flughaferva-rietäten (*Avena fatua* L.) in Ostdeutschland 254

NEUMANN, H.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbausysteme: Vielfalt und Häufigkeit von Vögeln auf Ackerflächen – Ergebnisse aus dem Projekt „AVI-LAND“ 256

Parallelsektionen

Parallelsektion 1

HERNDL, M.; WHITE, J. W.; GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Ermittlung von Vernalisationsbedarf, photoperiodischer Sensitivität und Frühzeitigkeit bei Weizen (*Triticum aestivum* L.) in einem Feldversuch 258

WILD, M.; LEHMEIER, C.; LATTANZI, F. A.; SCHÄUFELE, R.; SCHNYDER, H.: Die N- und C-Substrate des Blattwachstums von *Lolium perenne* 260

HAHN, H.; FIEHN, O.; SCOTT, B.: Analyse von Stoffwechselmetaboliten in endophytinfiziertem und endophytfreiem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) unter Trockenstress.....262

WESTPHAL, D.; LOGES, R.; TAUBE, F.: Winterbeweidung als Nutzungsalternative zur Mulch- oder Schnittnutzung von Ackerkleegrasbeständen 264

ISSELSTEIN, J.; SCHELLBERG, J.: Perspektiven der Grünlandforschung in Deutschland 266

Parallelsektion 2

MEYER-SCHATZ, F.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H.: Modellierung der N-Aufnahme von Winterweizen als Entscheidungshilfe bei der Ermittlung des Düngebedarfs 268

MÜLLER, K.; BÖTTCHER, U.; MEYER-SCHATZ, F.; KAGE, H.: Analyse von Reflexionsspektren im Winterraps.....270

BEHRENS, T.; MÜLLER, J.; DIEPENBROCK, W.: Properties of canopies of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) analysed by a new field spectrometer configuration 272

GRAEFF, S.; CLAUPEIN, W.: Applicability of precision farming datasets for the area of bioenergy.....274

TRAUTZ, D.; STILLGER, V.; KIELHORN, A.; DRESSLER, H. VON; STRACKE, F.: Integration von Naturschutzzielen in landwirtschaftliches Handeln durch Precision Farming 276

Parallelsektion 3

KOCSIS, L.; KAUL, H.-P.; PRAZNIK, W.; LÖPPERT, R.; LIEBHARD, P.: Einfluss der Sorte, der Reifezeit und des Erntetermins auf die Veränderung der wasserlöslichen Kohlenhydrate bei Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) im semiariden Produktionsgebiet 278

GERICKE, D.; PACHOLSKI, A.; KAGE, H.: NH_3-Emissionen bei der ackerbaulichen Nutzung von Gärrückständen aus Biogasanlagen 280

PACHOLSKI, A.; GERICKE, D.; KAGE, H.: Modellierung der Ammoniak-Emissionen nach Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern 282

TONN, B.; THUMM, U.; CLAUPEIN, W.: Ökobilanzen für die Verbrennung von Aufwüchsen extensiv genutzten Grünlands 284

HELBIG, S.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Energiebilanz Nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung 286

Parallelsektion 4

BISCHOFF, J.; HOFMANN, B.; CHRISTEN, O.: Untersuchungen zur P-Verteilung im Boden nach langjährigem Pflugverzicht und Direktsaat 288

BROCK, C.; LEITHOLD, G.: Systemspezifische Eigenschaften des Humushaushaltes im Ökologischen Landbau und Implikationen für die Humusbilanzierung 290

HOYER, U.; PAPAJA, S.; LAMMER, C.; REENTS, H.-J.; HÜLSBERGEN, K.-J.: Wirkungen pflugloser Grundbodenbearbeitung in einem ökologischen Ackerbausystem 292

DEIKE, S.; PALLUTT, B.; CHRISTEN, O.: Stickstoff- und Energieeffizienz im integrierten und ökologischen Landbau 294

REINEKE, H.; STOCKFISCH, N.: Indikatoren zur Analyse von Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus 296

Parallelsektion 5

BÖHM, H.: Integration von Raps in Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus 298

LIMBRUNNER, B.; MAIDL, F.-X.: Optimierung der Stickstoff-Düngung bei Winterraps (*Brassica napus*) 300

HERMANN, W.; WEBER, A.; CLAUPEIN, W.: Vergleich unterschiedlicher N-Düngerformen und N-Düngungsverfahren bei Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ammoniumdepotdüngung (Cultan-Verfahren) 302

EISENREICH, F.; SCHMIDTKE, K.: Einfluss der Art der Stickstoffernährung – symbiotisch versus nicht symbiotisch – auf die Wassernutzungseffizienz und Ertragsbildung von Körnerleguminosen 304

SCHMIDTKE, K.; WAND, H.; DRANSFELD, E.; VABITSCH, A.; RAUBER, R.: Einfluss der Sorte bei Erbse und Ackerbohne auf Ernterückstandsmenge, Mineralisation des Stickstoffs aus den Ernterückständen und den Vorfruchtwert zu Zuckerrübe 306

* Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 1–5 (2007)

50 Jahre Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Entwicklungslinien in der Forschung für den Pflanzenbau

Gerhard Fischbeck

Einleitung

Die Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften kann in diesem Jahr auf ihr 50jähriges Bestehen zurückblicken. In diesem Zeitraum war zwar das Studium der Agrarwissenschaften einer nicht abreißenden Kette von Reformen unterworfen. Der Pflanzenbau hat dabei jedoch stets die Rolle eines Kernfachs behalten. Eher mehr als weniger dynamisch sind auch die Veränderungen verlaufen, denen die Nutzung des Acker- und Grünlandes in diesem Zeitraum unterworfen waren, und von den Mitgliedern unserer Gesellschaft mit ihren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten begleitet wurden.

Mein einführender Beitrag zu diesem Jubiläum kann die dabei erzielten Ergebnisse auch nicht annähernd vollständig darstellen. Daher möchte ich das Privileg in Anspruch nehmen, in diese Einführung mehr persönliches Erleben und die daraus erwachsene, möglicherweise subjektive Beurteilung darzustellen.

Um meinen Ausführungen dennoch einen objektiven Rahmen zu geben, wurden in Abb. 1 einige Kenndaten zusammengefasst, welche den Umfang und den Ablauf der in den letzten 50 Jahren eingetretenen Veränderungen in der landwirtschaftlichen Bodennutzung in Deutschland dokumentieren. Sie müssen für sich selber sprechen, da mir nicht die Zeit bleibt, sie im Einzelnen zu erläutern. Wesentlich für meine nachfolgenden Ausführungen ist vor allem die darin zum Ausdruck kommende und noch beim Eintritt in diese Periode kaum für möglich gehaltene Dynamik an Veränderungen in der Bodennutzung und den damit einhergehenden stark ansteigenden Erzeugungsleistungen. Beschränken muss ich mich auch auf das Ackerland und die Bedeutung eines Wechselspiels zwischen reaktiv und initiativ begründeten Forschungsleistungen für Sortenentwicklung und Anbauverfahren.

Landtechnik

An den Anfang, der noch dazu in den Zeitraum der Gründung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften fällt, möchte ich die Folgen der Einführung des Mähdruschs stellen. Für die Pflanzenbauwissenschaften ergab sich daraus eine Fülle von reaktiven Fragestellungen. Sie gingen aus von nicht unbegründeten Zweifeln und negativen Erfahrungen im Hinblick auf die Bewältigung langstrohiger Getreidebestände. Dies begründete in der Folgezeit eine rasche und starke Zunahme des Anbaus von Sommergerste auf mehr als 1 Mio ha, ebenso aber auch die „Wiederentdeckung“ des schon vor Beginn des 2. Weltkrieges in den Verkehr gebrachten Kurzstroh-Weizens „Heine VII“.

Eine lange Reihe von Folge-Problemen war zu bewältigen: vornehmlich durch züchterische Beiträge ausreichende Standfestigkeit, fester Kornsitz und geringere Auswuchsneigung sowie mit steigendem Selbstversorgungsgrad die Verbesserung der Backfähigkeit, im Verein mit pflanzenbaulicher Optimierung der Stickstoffdüngung nicht nur für Ertragssteigerungen, sondern ebenso im Interesse der Erzeugung von Qualitätsweizen bis hin zur Nutzung von früher undenkbaren Exportmöglichkeiten.

Prof. Dr. Gerhard Fischbeck, Technische Universität München, Am Hochanger 2, 85350 Freising-Weihenstephan

Der vorangegangene Höhenflug der Anbaufläche für Sommergerste trug dazu bei, die mit fortschreitender Mechanisierung gestiegene Schlagkraft für den vermehrten Anbau von Wintergerste zu nutzen, um damit zugleich den für die Mähdruschernte verfügbaren Zeitraum zu erweitern. Wieder waren es arbeitswirtschaftliche Vorteile, die auch in Verbindung mit anhaltender Ertragssteigerung im Getreidebau schließlich die Ablösung der althergebrachten Kartoffel- durch die Getreidemast in der Schweinehaltung bewirkte und damit die endgültige Abkehr vom alten Ideal des Fruchtwechsels einleitete.

Fruchtfolge und Pflanzenschutz

Die Verbindung von weit verbreitetem Halmbruch des Winterweizens in einer landesweiten Gelbrostepidemie im Jahre 1963 entfachte die letzte große Diskussion darüber, ob mit der Überschreitung althergebrachter Grenzen des Getreideanteils in der Fruchtfolge eine generelle Beeinträchtigung der Ertragssicherheit in Kauf genommen werden müsse. Sie belebte ein vielseitiges wissenschaftliches Interesse zur Klärung von Fruchtfolgewirkungen. In deren Gefolge gewann schließlich die Nutzung günstiger, zumindest aber weniger riskanter Vorfruchtwirkungen die Oberhand gegenüber überkommenen Denkens in mehrjährigen Fruchtfolgesystemen.

Das Tor zu fortschreitend höheren Getreideanteilen war damit bereits aufgestoßen, als Anfang der 70er Jahre mit Durchschnittserträgen über 40 dt/ha und zugleich hohen Getreidepreisen neben der chemischen Unkrautbekämpfung auch der Einsatz von Fungiziden, gegebenenfalls auch von Insektiziden lohnend wurde. Damit wurde eine Periode rasch weiter ansteigender Getreideerträge eingeleitet, insbesondere durch überdurchschnittliche Steigerung des Ertragspotentials von Winterweizen neuer Weizensorten. Im Verlauf dieser Entwicklung wurde schließlich das Augenmerk der Forschung mehr und mehr auf Umfang und Bedeutung von umweltbelastenden Nebenwirkungen eines hohen Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln gelenkt, und es erwuchs daraus auch die Einsicht in den Vorrang natürlicher Produktionskräfte als unverzichtbares Fundament für einen „integrierten Pflanzenbau“, wie er heute in Form wechselseitiger Ergänzung von sorteneigenen Resistenzeigenschaften und chemischem Pflanzenschutz verfügbar und zur Standort bezogenen Begrenzung des Einsatzes von Betriebsmitteln auch im Interesse des Gewässerschutzes genutzt werden kann. Bis hier hin reichen aber auch die Wurzeln zurück, die in den heutigen Formen der ökologischen Landbewirtschaftung eine radikale Abkehr vom Einsatz chemisch hergestellter Betriebsmittel praktizieren. Die anfänglich ebenfalls versuchte Rückkkehr zu alten Landsorten ist jedoch schon bald der Auswahl solcher Zuchtsorten gewichen, die innerhalb des reichhaltigen Sortenspektrums verfügbar sind und den besonderen Bedürfnissen des ökologischen Landbaus gerecht werden.

Ackerfutterbau

Wiederum waren es arbeitswirtschaftliche Vorteile in der Gewinnung von wirtschaftseigenem Futter mit Hilfe des Feldhäckslers, die in Verbindung mit der anbautechnischen Ausschöpfung seines hohen Ertragspotentials eine nahezu sprunghafte Ausdehnung des Anbaus von Mais bewirkt haben, weitgehend zu Lasten der früheren Flächen für den Anbau von Futterleguminosen, zumal die damit in Kauf genommene Eiweißlücke im westlichen Deutschland durch Weltmarkt-Importe gedeckt werden konnte. Die Forschung für den Pflanzenbau sah sich damit ein weiteres Mal in eine zwar hoch bedeutsame, gleichwohl reaktive Rolle gedrängt.

Die Maiszüchtung konnte das erforderliche Angebot an Hybridsorten durch Top-Cross Hybriden sehr bald bereitstellen, und mit Hilfe von Herbiziden konnte die fehlende Konkurrenzkraft geringer Bestandesdichte im Jugendstadium überwunden werden. Wesentlich schwieriger und bis heute nicht im erforderlichen Umfang erreicht, gestaltete sich die Entwicklung eines pflanzenbaulichen Instrumentariums zum Ausgleich negativer Auswirkungen auf die Bodenstruktur und zur Eindämmung der stark ansteigenden Erosionsgefahr, die in Forschungsansätzen durchaus aufgezeigt, in die landwirtschaftliche Praxis bislang jedoch nur zögerlich übernommen wurden. Der in den 90er Jahren einsetzende Trend zu höheren Sommertemperaturen verstärkte darüber hinaus, zumindest im süddeutschen Raum, auch die Erzeugung von Körnermais, zumal sich damit überproportionale Steigerungen der ha-Erträge erzielen ließen, die in geeigneten Lagen auch hohe Trocknungskosten rechtfertigten. Silo- und Körnermais zusammengenommen erreichten somit in den 90er Jahren die nach Winterweizen bedeutsamste Position in der Nutzung des Ackerlandes, die sich im Rahmen des beginnenden Klimawandels, aber auch durch die in jüngster Zeit in Gang gekommene Nutzung als Energiemais noch weiter ausdehnen und damit die bislang nur unzureichend eingedämmte Erosionsgefahr weiter verstärken kann.

Arbeitswirtschaft

Als weiteres Beispiel für Umfang und Bedeutung reaktiv bestimmter Forschung ist eine kritische Phase im Zuckerrübenanbau zu erwähnen. Mit der durch die deutsche Teilung bedingten Abtrennung von den großen mittel- und ostdeutschen Anbaugebieten eröffneten sich neue Potentiale für die Zuckererzeugung in der bevölkerungsreichen Bundesrepublik. Als dann infolge fortschreitenden Mangels an Arbeitskräften, bzw. übermäßiger Lohnkosten weit verbreitet technisch monogermes Saatgut möglichst auf Endabstand ausgesät werden musste, kam es nicht nur zu deutlichen Ertragsminderungen, sondern zusätzlich auch zu empfindlichen Qualitätseinbußen. Diese Abwärtsspirale konnte erst aufgefangen und dann wieder in eine positive Richtung gewendet werden, als die Züchtung von genetisch monogermem Saatgut die Praxisreife erlangte. Aber es waren nicht mehr die alten Anbauverfahren, die – nunmehr ohne Vereinzelung und Rundhacke – wieder erfolgreich praktiziert werden konnten. Vielmehr mussten auf dem Wege integrierender Forschung neue Optima für Reihenabstand und Pflanzenzahl gefunden und für die einzeln stehenden Keimpflanzen ein verstärkter Schutz gegen bodenbürtige Krankheiten, Schädlinge und konkurrierende Unkräuter gewährleistet werden.

Beispiel Winterraps

Als herausragendes Beispiel für initiativ wirksame Forschung kann der Aufschwung im Anbau von Winterraps bezeichnet werden. Es ist kaum mehr bekannt, dass sein ohnehin geringer Anbau nach der Währungsreform im Jahre 1948 nahezu vollständig verdrängt wurde, mit Ausnahme von daran festhaltenden Großbetrieben in Schleswig-Holstein, und die Bundesregierung hat die Aufnahme und Verarbeitung des damals nur wenig geschätzten Erntegutes durch einen den Ölmühlen auferlegten Beimischungszwang sichergestellt. Auch in diesem Fall lag die Initiative bei der Pflanzenzüchtung. In einem ebenso engen wie organisatorisch erfolgreichen Zusammenschluss zwischen Züchtungsforschung- und praxis gelang es, die Zusammensetzung der im Rapsöl angereicherten Fettsäuren drastisch zu verändern und damit die Möglichkeit zu schaffen, aus Raps ein für die menschliche Ernährung

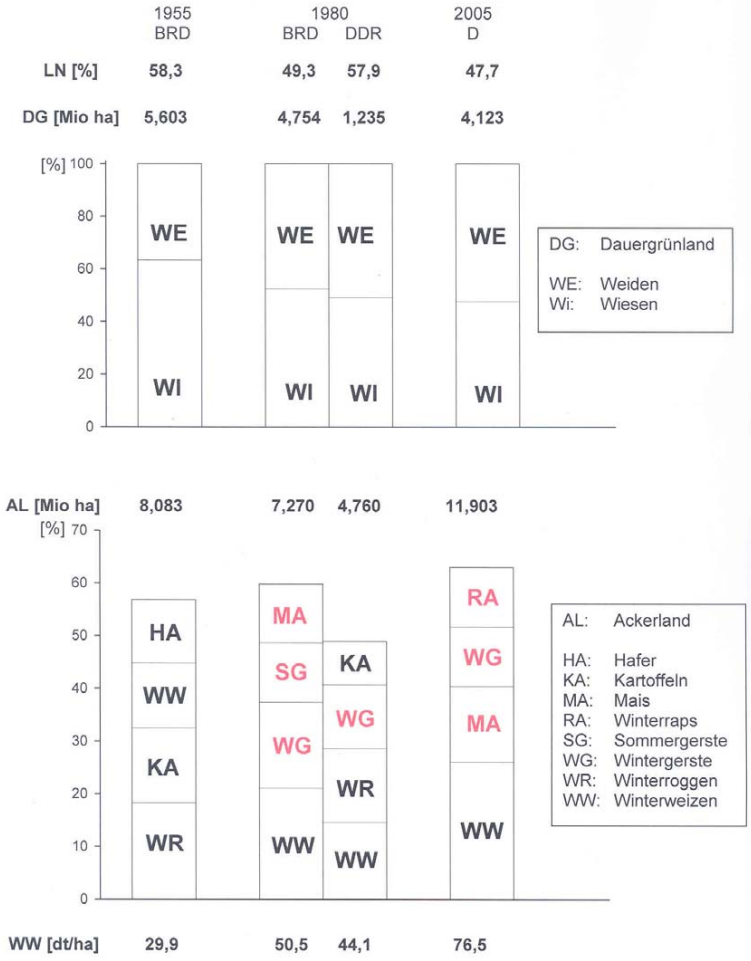
hochwertiges Speiseöl zu gewinnen. Darüber hinaus wurde aber auch der Gehalt an Glucosinolaten in den Pressrückständen soweit gemindert, dass sie als vollwertiges Eiweißfutter Verwendung finden können. Auf diesen Grundlagen beruht die heute bundesweite Ausdehnung seines Anbaus. Aber nicht nur intensivierte Züchtungsarbeit bis hin zu den heute verfügbaren Hybridsorten, sondern auch die Weiterentwicklung der Anbautechnik auf der Grundlage ertragsanalytischer Untersuchungen, sowie die Nutzung von ertragsstützenden und ertragssichernden Elementen durch Einsatz von Wachstumsregulatoren und effizienter Pflanzenschutz trugen dazu bei. Es sei aber auch erwähnt, dass erst die sich ausweitende Rapsfläche in diesem Falle die Landtechnik reaktiv dazu veranlasste, die alten und verlustreichen Erntetechniken durch Einführung von Seitenschneidwerken am Mähdrescher abzulösen und damit den Rapsanbau als vollwertige Mähdruschfrucht zu etablieren. Nicht vorhersehbar war es zu dieser Zeit, welche Folgen die 1990 eingeleiteten EU Agrarreformen für eine noch weitergehende Ausweitung seiner Anbaufläche haben sollte. Innerhalb der mit dem Ziel der Rückführung überschüssiger Getreideerzeugung verfügten Stilllegungen von Ackerflächen wurde der Landwirtschaft in Form von „Rotationsbrache“ die Möglichkeit zur Erzeugung „nachwachsender Rohstoffe“ eingeräumt. Hier begann der zusätzliche Anbau von Raps für die Gewinnung von Rapsöl als Kraftstoff für landwirtschaftseigene Traktoren. In der weiteren, nicht mehr unumstrittenen Entwicklung wird nun Rapsöl zu Rapsmethylester (RME) verarbeitet und ist in dieser Form als Beimischung zu Dieseltreibstoff geeignet, wobei gleichzeitig eine schrittweise Aufhebung der vorher gewährten Befreiung von der Mineralölsteuer vorgesehen ist. Die durch züchterische Initiative ermöglichte Ausdehnung des Rapsanbaus wurde somit unbeabsichtigt zum Vorreiter einer Entwicklungslinie, die auf dem Wege ist, dem Pflanzenbau ein neues Betätigungsfeld durch Anbau von „Energiepflanzen“ zu erschließen.

Elektronische Datenverarbeitung

Intitiative Forschungsansätze für den Pflanzenbau entwickeln sich in jüngerer Zeit aber auch aus neuartiger Nutzung der Informationstechnologie. Schon im Jugendstadium der heranwachsenden Pflanzen lassen sich heute Abstufungen ihres Ernährungszustandes während der Schlepperüberfahrt elektronisch erkennen. Wenn es gelingt, sie durch ein begleitendes Rechenprogramm sach- und standortgerecht zu interpretieren, wird es auch möglich sein, durch entsprechende Signale an den nachlaufenden Düngerstreuer für kleinräumig ausgleichende Zuteilung ergänzender Nährstoffgaben, insbesondere an Stickstoff zu sorgen. Auf diese Weise ließe sich bei vorsichtiger Handhabung der Grunddüngung eine übermäßige ebenso wie eine unzureichende Stickstoffversorgung vermeiden. Ähnliche Entwicklungen können auch zu weiteren Optimierungsschritten innerhalb des heute erreichten Stands an integrativen Pflanzenschutzmaßnahmen führen, und dem aktiven Pflanzenschutz auch von dieser Seite neue, seine Umweltverträglichkeit unterstützenden Impulse vermitteln.

Mit diesen Beispielen möchte ich meine Hinweise auf das reichhaltige Wechselspiel zwischen Sortenentwicklung und deren pflanzenbaulicher Betreuung und die darin zum Ausdruck gebrachten reaktiven und initiativen Forschungsleistungen beschließen, zumal das nachfolgende „Brainstorming“ zu den Erwartungen, die sich aus nationaler, internationaler und wissenschaftlicher Sicht an die Pflanzenbauwissenschaften richten, schon Ansätze für neue reaktiv oder initativ begründete Wendungen in der Forschung für den Pflanzenbau vermitteln wird.

Landwirtschaftliche Bodennutzung in Deutschland



Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 6–7 (2007)

‚Innovation by design' – Landwirtschaftliche Forschung im 21. Jahrhundert

Holger Meinke, Jan Vos & Xinyou Yin

Agricultural science – and plant science in particular – is in a state of flux, caught up in the tensions arising from a rapidly changing global environment and the ever increasing speed of technological development. These tensions provided some challenges but also considerable opportunities that the science community needs to capture. Here I will briefly outline how the concept of *innovation by design* can help in negotiating these tensions and how Wageningen University and Research Centre (WUR), in collaboration with our national and international partners, are addressing these issues. *Innovation by design* is about the clever use of models in order to achieve societal benefits arising from innovative R&D by integrating disciplinary science across temporal and spatial scales.

Introduction

Global change* has resulted in an image problem for agricultural science. In our developed economies food is cheap and plentiful (albeit sometimes of dubious quality) and production often exceeds demand. In less developed countries, food security and rural livelihoods are of great concern. Often agricultural activities are associated with environmental problems such as groundwater pollution, erosion, high energy consumption and carbon emission.

Against this background biotechnology promises a wide range of solutions but lacks the ability to truly assess the broader bio-economical impacts of these technologies. For instance, modern gene technologies allow for the rapid development of GMOs for a wide range of purposes. However, these developments are viewed with suspicion by a skeptical public unconvinced about the benefits and concerned about possible risks.

Modern agricultural science needs to play a pivotal role in this and similar debates by providing the necessary tools that transcend all scales involved – temporal, spatial and disciplinary. These scales need to be connected and stakeholders need to be engaged in order to provide integrated assessments of benefits and risks of such technologies. This requires well-designed simulation models to guide us through these systems' complexities; models that capture the essence of systems dynamics without getting lost in the details.

Discussion

Increasingly modelling is regarded as a process and a research tool, rather than an end product. It is an essential component of integrated systems science that connects stakeholders, disciplines and scales (Fig. 1). Modelling enables us (i) to capture our component knowledge, (ii) to teach students the art of analysing and understanding complex systems, (iii) to quantify likely systems behaviour in the

Crop and Weed Ecology, Wageningen University, P.O. Box 430, NL 6700 AK Wageningen, The Netherlands, holger.meinke@wur.nl

* 'Global change' is the term used to encompass multiple environmental, ecological and economic changes; climate change is a sub-set of global change

absence of empirical evidence (particularly in instance where such empirical evidence is impossible to obtain) and (iv) to engage with stakeholders by informing the debates (models as 'discussion support tools' rather than 'decision support tools'.

In this talk I will explain the concept of model-based *innovation by design* using two examples:

1) Genotype-to-phenotype modelling that assists in targeted plant breeding by better quantifying genotype-to-environment interactions, and
2) functional-structural plant modelling (FSPM), a modelling approach that captures knowledge of the adaptive behaviour of plants in space and time (eg. environmental changes leading to architectural or structural changes in plant organs, their connections, shape and orientation in space).

I will conclude by outlining the importance of global collaboration in order to create new values and to increase the social relevance of our science. Effective collaboration will remain the corner stone for an innovative R&D culture.

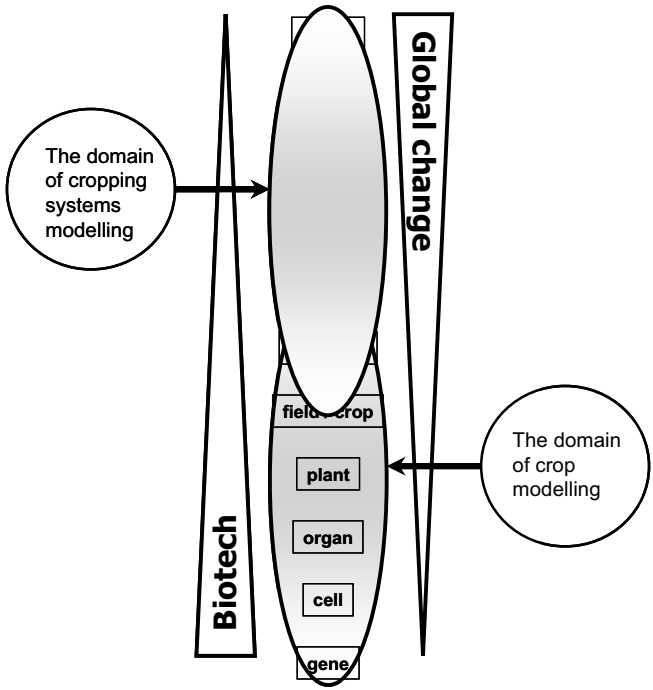


Fig. 1: The role of models in (a) connecting temporal and spatial scales and (b) negotiating the tensions between all relevant disciplines and stakeholders in plant/agricultural sciences

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 8–9(2007)

Einfluss unterschiedlicher N- und S-Düngung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Tanja Schäfer & Bernd Honermeier

Einleitung

Die Wirkung der Schwefel- und Stickstoffdüngung auf den Ertrag und die Backqualität von Winterweizen ist von genetischen, ökologischen und agronomischen Einflussfaktoren abhängig. Im Zusammenhang mit der Weizeneiweißallergie (Zöliakie) wird auch die Bedeutung dieser Einflussfaktoren auf Allergie auslösende Proteine (Gliadine und Glutenine) diskutiert. In pflanzenbaulichen Feldversuchen sollte daher die Wirkung unterschiedlicher N- und S- Düngungsmaßnahmen auf den Winterweizen untersucht werden.

Material und Methoden

Auf den Versuchsstandorten der JLU Gießen in Gießen (schluffiger Lehm) und Groß-Gerau (Sand) wurde in den Jahren 2005 und 2006 ein randomisierter, dreifaktorieller Feldversuch durchgeführt. Die Prüffaktoren waren Sorte (Quebon, Privileg), S-Düngung (ohne, 7,5 kg/ha Schwedokal 90 zu EC 21-23, 7,5 kg/ha Schwedokal 90 zu EC 21 plus 7,5 kg/ha Schwedokal 90 zu EC 49-50) und N-Düngung (kg/ha) nach folgendem Schema:

N-Stufe	Veg.-beginn	ES 31	ES 51	Gesamt
1	0	0	0	0
2	70	40	0	110
3	40	0	70	110
4	40	70	0	110
5	70	0	40	150
6	40	40	70	150

Es wurde unter anderem der Kornertrag, die Tausendkornmasse, der N-Gehalt, der S-Gehalt (nur 2006), der Sedimentationswert und die Fallzahl gemessen sowie der Proteingehalt aus dem N-Gehalt errechnet (Faktor 6,25). Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS 12.0.

Ergebnisse und Diskussion

Während im Jahr 2005 der Kornertrag auf dem sandigen Standort Groß-Gerau (52,1 dt/ha) deutlich unter dem Ertragsniveau von Gießen lag (66,8 dt/ha), war dieser Standorteffekt im darauf folgenden Jahr geringer ausgeprägt (55,8 vs. 49,8 dt/ha). Im Mittel der beiden Sorten lag der Kornertrag nur in der ungedüngten Variante am Standort Gießen höher als in Groß-Gerau. Vermutlich führte die Regenperiode im Jahr 2006 in Gießen, die eine termingerechte Ernte verzögerte, zu Ertragsverlusten. Dies bestätigt auch ein Vergleich der Erträge aus beiden Versuchjahren vom gleichen Standort. Während in Groß-Gerau die Erträge nahezu gleich blieben, sanken sie in Gießen im Jahr 2006 deutlich ab (s.o.). Es zeigte sich an beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren, dass eine ährenbetonte N-Gabe (Variante 3) vergleichsweise geringere Kornerträge bewirkte. Die höchsten Kornerträge wurden demgegenüber bei einer bestockungs- und ährenbetonten Gabe (Groß-Gerau) bzw. einer bestockungs- und schossbetonten Gabe erzielt (Gießen). Die Schwefeldüngung hatte keinen gesicherten Einfluss auf den Kornertrag.

Justus Liebig Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen; e-mail: tanja.schaefer@agrar.uni-giessen.de

Die Stickstoff- und Schwefelgehalte im Korn sollten Aufschluss darüber geben, wie viel des jeweils gedüngten Nährstoffes in das Korn eingelagert wurde. Der N-Gehalt lag dabei im Versuchsmittel im Jahr 2005 in Groß-Gerau bei 1,98 % der TM und in Gießen bei 2,28 %, was einem Proteingehalt von 12,38 % bzw. 14,25 % entspricht. Im Jahr 2006 lagen die Werte bei 1,94 % N (12,13 % Protein) in Groß-Gerau und bei 2,27 % N (14,19 % Protein) in Gießen. Die Schwefeldüngung beeinflusste den N-Gehalt im Korn nicht, während die Sorten sich nur im Jahr 2006 am Standort Gießen signifikant im N-Gehalt unterschieden (Quebon 2,32 %, Privileg 2,23 %). Wie zu erwarten hatte die N-Düngung einen signifikanten Einfluss auf den N-Gehalt im Korn. Während die ährenbetonte N-Gabe in beiden Versuchsjahren in Groß-Gerau zu den höchsten N-Gehalten im Korn führte (2,36 % bzw. 2,15 %), zeigten in Gießen die hoch gedüngten Varianten 5 und 6 den höchsten N-Gehalt (2,44 und 2,48 bzw. 2,39 und 2,45 %). Eine gleichmäßige N-Aufnahme während der gesamten Vegetationsperiode aufgrund ausreichender Bodenfeuchtigkeit dürfte diesen Unterschied erklären.

Die gemessenen S-Gehalte im Korn im Jahr 2006 liegen auf einem deutlich niedrigerem Niveau verglichen mit Stickstoff. Das Versuchsmittel lag in Gießen bei 0,128 % und in Groß-Gerau bei 0,123 %. Während am Standort Gießen ein tendenzieller Unterschied der Sorten im S-Gehalt festgestellt werden konnte, war dies in Groß-Gerau nicht zu erkennen. Quebon zeichnete sich durch einen um 0,01 % höheren S-Gehalt gegenüber Privileg aus. Teilweise konnte auch ein Einfluss der N-Düngung bei Quebon auf den S-Gehalt im Korn am Standort Gießen beobachtet werden. Die Variante ohne N-Düngung (0,119 % S) unterschied sich dabei von allen anderen Varianten und die Variante 5 (0,143) von den Varianten 1, 2 und 4. Es wird vermutet, dass durch diese Unterschiede im Schwefelgehalt auch Veränderungen der Aminosäurezusammensetzung Allergie auslösender Proteine ausgelöst werden können, was in einem veränderten Verhältnis von ω-Gliadinen (schwefelfrei) und γ-Gliadinen (schwefelhaltig) zum Ausdruck kommt.

Die Sedimentationswerte waren in beiden Versuchsjahren in Gießen höher als in Groß-Gerau, wobei die Unterschiede im Jahr 2006 größer waren als 2005. Das Versuchsmittel lag im Jahr 2005 bei 37 ml für Groß-Gerau und 40 ml für Gießen. Im folgenden Jahr betrugen die Sedi-Werte 35 ml für Groß-Gerau und 47 ml für Gießen. Sortenunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Die Schwefeldüngung zeigte nur in Gießen eine tendenzielle Erhöhung des Sedi-Wertes. Während in Groß-Gerau bei der ährenbetonten N-Spätgabe der höchste Sedi-Wert gemessen wurde (59 ml im Jahr 2005 bzw. 48 ml im Jahr 2006), erreichten in Gießen die beiden hoch gedüngten Varianten 5 und 6 in beiden Versuchjahren die höchsten Sedi-Werte (46 und 46 ml bzw. 51 und 53 ml).

Der Gluten-Index lag in beiden Versuchsjahren und an beiden Standorten bei Werten von über 90. In der Tendenz wurden in den Varianten mit zwei S-Gaben etwas höhere Indexwerte gemessen als in den Varianten ohne S-Düngung. Der Einfluss der N-Düngung war jedoch signifikant. Eine ährenbetonte N-Spätgabe ohne ausreichende N-Versorgung zum Bestocken und Schossen zeigte am Standort Groß-Gerau die niedrigsten Gluten-Index-Werte. In Gießen war der Gluten-Index in der ungedüngten Variante am höchsten und nahm mit Zunahme der N-Düngung ab.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 10–11 (2007)

Analyse verschiedener – unter ökologischen Bedingungen produzierten – Weizen-, Dinkel- und Roggensorten hinsichtlich ihres Acrylamid-bildungspotenzials und ausgewählter Qualitätsparameter

Falko Stockmann, Albrecht Weber, Simone Graeff, Wilhelm Claupein & Reiner Schmidt*

Einleitung

Die schon seit längerer Zeit bekannte Substanz Acrylamid steht im Verdacht Krebs zu verursachen. Daher war und ist es Ziel vieler Untersuchungen herauszufinden, welche Möglichkeiten bestehen, den Gehalt an Acrylamid zu senken. Dabei wurde bislang schwerpunktmäßig erfolgreich versucht, bei der technologischen Erzeugung von Lebensmitteln (z. B. Senkung der Backtemperatur) Einfluss zu nehmen. Aufgrund der Verbraucherakzeptanz von Lebensmitteln ist z. B. bei Brötchen eine knusprige Kruste gewünscht, was eine Senkung durch produktionstechnische Faktoren begrenzt. Daher liegt das besondere Interesse dieses Projektes in einer Minimierung des Asparagingehaltes – einer Vorstufe von Acrylamid – im Rohstoff Mehl über eine Arten- und Sortenauswahl sowie über die Ausgestaltung des Produktionssystems.

Da für Backwaren diverse Ansprüche an die Qualität des Rohstoffes gestellt werden, sollen ferner die Qualitätsparameter (Rohprotein, Fallzahl, Sedimentationswert etc.) untersucht werden. Somit soll es möglich werden, Getreidearten und –sorten für den Anbau auszuwählen, die einen geringeren Anteil an Asparagin aufweisen, ohne dabei die Qualität zu vernachlässigen.

Material und Methoden

Die untersuchten Getreideproben stammten aus einem Öko-Landessortenversuch (Vegetationsperiode 2005/2006) des Beratungsdienstes Ökologischer Landbau Schwäbisch Hall e.V. In diesem Versuch wurden auf dem Standort Kirchberg-Dörrmenz 39 Winterweizen-, 12 Dinkel-, 7 Roggen- und 8 Triticalesorten in Blockanlage mit drei Wiederholungen angebaut. Tabelle 1 gibt die Standortbedingungen wieder.

Tabelle 1: Standortbedingungen Kirchheim-Dörrmenz

Bodentyp	Braunerde	*Niederschlag (Sep.05 – Juli 06)*	573 mm
Bodenart	toniger Lehm	*Temperatur*	Ø 8,7 °C
Vorfrucht	Silomais	*Ackerzahl*	55
Nmin (22.02.06)	44 kg N ha^{-1}	*pH-Wert*	5,8
Düngung	25 m^3 Gülle ha^{-1}		
Standort	Demeter Betrieb Hannemann Kirchberg-Dörrmenz (440 m ü. NN)		

Neben dem Kornertrag wurden die Qualitätsparameter Rohprotein, Hektolitergewicht, Fallzahl sowie der Sedimentationswert ermittelt. Die Analyse des Acrylamid-Bildungspotenzials erfolgte über GC/MS. Zur Bestimmung von Asparagin kam die Methode HPLC/Fluoreszenz zum Einsatz.

Univ. Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart
* Beratungsdienst ökologischer Landbau Schwäbisch Hall e. V.

Ergebnisse und Diskussion

Der Rohproteingehalt der geprüften Winterweizensorten schwankte in Abhängigkeit der Sorte zwischen 9,4 % bis 13,9 % in TS wobei der Durchschnitt bei 11,5 % lag (Abbildung 1). Der Ertrag konnte mit einem Durchschnitt von 47,9 dt ha^{-1} ermittelt werden (min. 33,8 dt ha^{-1}, max. 48,4 dt ha^{-1}). Vergleicht man den Ertrag mit dem Rohproteingehalt so ergab sich eine negative Korrelation mit R^2=0,4574***; p<0,001 (Abbildung 2). Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und erzieltem Rohproteingehalt hin. Dinkel (nicht dargestellt) zeigte einen durchschnittlichen Ertrag von 40,9 dt ha^{-1}, wobei das Maximum bei 49 dt ha^{-1} und das Minimum bei 27 dt ha^{-1} lag. Die Rohproteingehalte lagen im Durchschnitt bei 13,1 % in TS (min. 10,8 %, max. 15,6 %). Die Korrelation des Ertrages mit dem Rohproteingehalt zeigte ebenso wie bei Weizen eine enge Korrelation (R^2=0,5096**; p<0,009). Im Vergleich der Rohproteingehalte von Weizen und Dinkel zeigte Dinkel höhere Werte (nicht dargestellt). Der Ertrag für Roggen konnte im Mittel mit 40 dt ha^{-1} (min. 35 dt ha^{-1}, max. 44 dt ha^{-1}) analysiert werden, die Fallzahlen wiesen einen durchschnittlichen Wert von 152 auf (min. 117, max. 179).

Wie Studien von Weber et al. 2006 zeigten, spiegeln sich Schwankungen im Rohproteingehalt auch in unterschiedlichen Gehalten an Asparagin und Acrylamid wider. Basierend auf der gegebenen Schwankungsbreite im Rohproteingehalt des getesteten Sortenspektrums scheint es daher möglich, durch geeignete Arten- und Sortenwahl, den Acrylamidgehalt im Rohstoff Getreide für die Backwarenherstellung zu reduzieren.

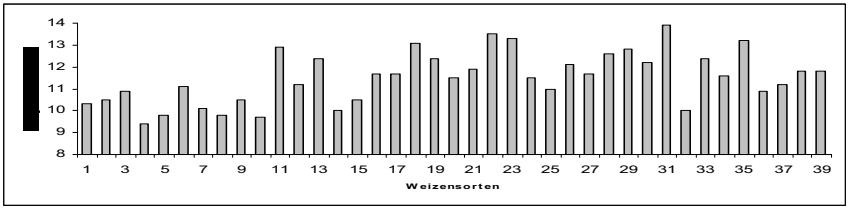


Abb. 1 Gehalt an Rohprotein (% in TS) der angebauten 39 Winterweizensorten.

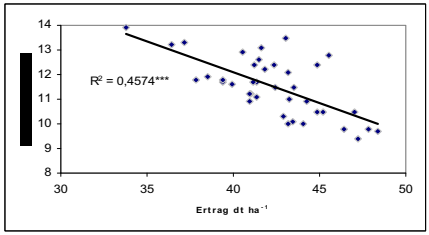


Abb. 2 Korrelation zwischen dem Gehalt an Rohprotein und dem Ertrag der 39 Winterweizensorten. (p=<0,001)

Literatur

Weber, A.; S. Graeff, W. Hermann, W. D. Koller, N. Merkt und W. Claupein 2006: Zweijährige Ergebnisse zum Einfluss von Sortenwahl und Stickstoffdüngung auf das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 252-253.

Muttucumaru, N.; N. G. Halford, J. S. Elmore, A. T. Dodson, M. Parry, P. R. Shewry, D. S. Mottram 2006: Formation of High Levels of Acrylamide during the Processing of Flour Derived from Sulfate-Deprived Wheat. J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 8951-8955.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 12–13 (2007)

Einfluss der Stickstoffdüngerform und einer Schwefeldüngung auf den Acrylamid-Vorstufengehalt von Winterweizen

Albrecht Weber, Simone Graeff, Wolf-Dietrich Koller*, Nikolaus Merkt**, Wilfried Hermann*** & Wilhelm Claupein

Einleitung

Das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide wird maßgeblich vom Gehalt der Acrylamid-Vorstufe freies Asparagin im Korn beeinflusst. Bisherige Untersuchungen von Weber et al. (2006) zeigten, dass, neben Witterungseinflüssen und Sortenunterschieden, die Höhe und zeitliche Verteilung der Stickstoffdüngung Einfluss auf den Gehalt an freiem Asparagin hat. In einem zweijährigen Feldversuch wurde geprüft, inwiefern sich verschiedene N-Dünger mit unterschiedlichen Anteilen an Nitrat-N, Ammonium-N bzw. Carbamid-N auf den Acrylamid-Vorstufengehalt und das Acrylamid-Bildungspotenzial der Winterweizensorte Enorm auswirken. Außerdem wurde der Einfluss einer zusätzlichen Schwefeldüngung untersucht, da aus der Literatur bekannt ist, dass Schwefelmangel zur Anreicherung freier Aminosäuren führen kann (Shewry et al., 1983).

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 Düngungsversuch (Blockanlage, 3 Wiederholungen) durchgeführt. Bei der Winterweizensorte Enorm wurden die N-Dünger Kalkammonsalpeter (KAS), Harnstoff-Ammoniumsulfat (HAS; Cultan-Depotdüngung), Harnstoff, Ammoniumnitrat-Harnstofflösung (AHL), Entec 26 und Gülle+KAS geprüft. Die Düngung von 180 kg N ha^{-1} erfolgte in Abhängigkeit vom verwendeten Dünger in 1 bis 5 Gaben. Zur KAS-Düngung wurde außerdem der Einfluss einer zusätzlichen Schwefeldüngung geprüft. Die vorherrschende Bodenart am Standort war lehmiger Ton. Die Aussaat der Versuche erfolgte am 17.10.2003 und am 23.10.2004 nach Vorfrucht Zuckerrübe. Die Saatstärke betrug 350 Körner m^{-2}. Die Ernte erfolgte Anfang bis Mitte August als Parzellendrusch. Die Aminosäurebestimmung im Mehl (Type 550) wurde mittels HPLC durchgeführt. Die Bestimmung des Acrylamid-Bildungspotenzials erfolgte über GC/MS. Die Methode basiert auf der Reaktion der im Mehlextrakt enthaltenen Acrylamid-Vorstufen zu Acrylamid beim Verdampfen des Extrakts im Injektor des GC. Das gebildete Acrylamid wird anschließend über MS detektiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an freiem Asparagin wurde vom Jahr, der gedüngten N-Düngerform sowie der Wechselwirkung Jahr x Düngerform signifikant beeinflusst. Dabei bewegten sich die Asparagingehalte in Abhängigkeit vom verwendeten Dünger und vom Jahr zwischen 2,6 und 13,7 mg 100 g^{-1} Mehl-TM (Abb. 1a). Insbesondere der Einsatz von N-Düngern, mit denen ein hoher Rohproteingehalt im Korn erreicht wurde, führte zu einem deutlich erhöhten Asparagingehalt im Mehl (Abb. 1b).

Univ.Hohenheim, Inst. für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart
* BFEL Karlsruhe, Inst. Verfahrenstechnik, Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe
** Univ. Hohenheim, Inst. Sonderkulturen, Emil-Wolff-Str. 25, 70599 Stuttgart
*** Univ. Hohenheim, Versuchsstation Ihinger Hof, 71272 Renningen

Mögliche Ursachen, die neben der unterschiedlichen N-Verfügbarkeit der einzelnen Düngemittel zu den deutlichen Jahresunterschieden führten, sind bislang nicht bekannt. Eine zur KAS-Düngung zusätzlich durchgeführte Schwefeldüngung von 20 kg N ha^{-1} zu Vegetationsbeginn zeigte weder einen signifikanten Effekt auf den Asparagingehalt (Abb. 1a) noch auf das Acrylamid-Bildungspotenzial (nicht dargestellt). Mehl-S-Gehalte > 1,2 mg 100 g^{-1} Mehl-TM und ein N:S Verhältnis < 17:1 weisen darauf hin, dass auch ohne zusätzliche Schwefeldüngung kein Schwefelmangel vorlag.

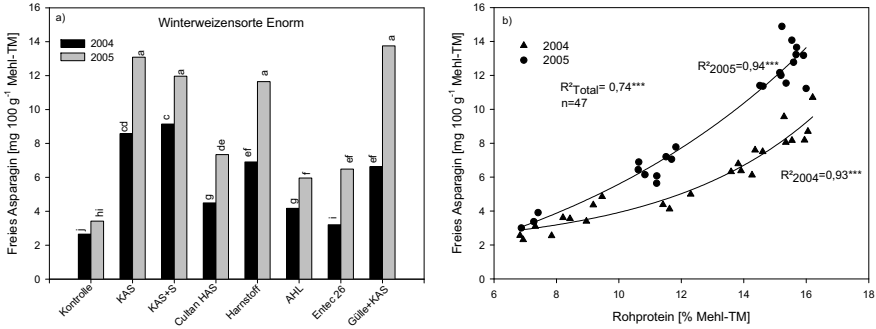


Abb. 1: a) Gehalt an freiem Asparagin im Mehl der Winterweizensorte Enorm in Abhängigkeit vom verwendeten Dünger und vom Jahr. Varianten mit den gleichen Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant voneinander (α=0,05; t-Test). b) Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Gehalt an freiem Asparagin im Mehl der Winterweizensorte Enorm (p<0,0001).

Insgesamt zeigte sich, dass bei Weizen über die Wahl der N-Düngerform in einem gewissen Rahmen Einfluss auf den Gehalt an freiem Asparagin im Mehl und damit auf das Acrylamid-Bildungspotenzial genommen werden kann. Die Vermeidung von sehr hohen Asparagingehalten scheint nach den vorliegenden Ergebnissen über die N-Düngung aber nur möglich zu sein, wenn Abstriche in der technologischen Qualität hingenommen werden.

Literatur

Shewry, P.R., Franklin, J., Parmar, S., Smith, S.J., Miflin, B.,J., 1983. The effects of sulphur starvation on the amino acid and protein compositions of barley grain. J. Cereal Sci. 1, 21-31.

Weber, A., Graeff, S., Koller, W.-D., Merkt, N., Hermann, W. und W. Claupein, 2006. Zweijährige Ergebnisse zum Einfluss von Sortenwahl und Stickstoffdüngung auf das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 252-253.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 14–15 (2007)

Auswirkungen unterschiedlicher Strategien der Fruchtfolgegestaltung auf Parameter der N-Effizienz von Sommergetreide

Jürgen Müller, Manfred Kayser* & Marc Luker*

Einleitung

Ökologisch wirtschaftende Futterbau/Marktfrucht-Betriebe sind zur Ertragssicherung im Ackerbau auf den Anbau von Leguminosen als Stickstoffquelle angewiesen (Berntsen et al., 2006). Grundsätzlich können dabei zwei unterschiedliche Strategien der Stickstoffversorgung abbauender Fruchtfolgeglieder im ökologischen Landbau verfolgt werden: zum einen die N-Andienung über Ackerleguminosen, zum anderen die N-Bereitstellung über eine Festmistapplikation auf der Grundlage leguminosenreichen Grünlandfutters. Im Falle der Ackerleguminosen lässt die N-Effizienz infolge mangelnder Synchronisation von N-Verfügbarkeit und N-Bedarf der Nachfrucht häufig zu wünschen übrig (Crews & Peoples, 2005).

In einem Feldversuch auf einer Sandbraunerde (AZ 28) der Oldenburgischen Geestplatte, welche seit 1996 nach den Richtlinien der ökologischen Landwirtschaft bewirtschaftet wird, sind daher die unterschiedlichen Strategien der N-Bereitstellung modellhaft in Fruchtfolgeabschnitten untersucht worden. Nach Ablauf von 3 Versuchsjahren kam in allen zu vergleichenden Fruchtfolgeabschnitten 2006 Sommertriticale als abtragende Frucht nach Frühjahrsfurche zum Anbau. Es sollen die Auswirkungen der unterschiedlichen Vorfruchtgestaltung auf Parameter der N-Effizienz der Sommerung dargestellt und diskutiert werden.

Material und Methoden

Die der Frühjahrsetablierung der Sommertriticale als Prüffrucht vorausgegangenen Bewirtschaftungsvarianten sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Tab.1: Charakterisierung der Vorfruchtsituation (2003-2006)

Faktor	Stufen	Untergruppen	Fruchtfolge	
			Ackerbau	GL- Nutzung
Art der Vorfrucht/ N-Quelle	Ackerleguminosen	1 jähr. Rotkleegrass	KG, SG, Tri	Grünland
		Körnerleguminose	AB, Tri, SG	kleearm
	Grasland-leguminosen	Stalldung (100 kg N/ha)	Ma, Tri, SG	Grünland
		Stalldung (200 kg N/ha)	Ma, Tri, SG	kleereich
	Keine		Ma, Tri, SG	Grünland

3 Wiederholungen; 4 keramische Saugkerzen je Parzelle, Parzellengröße 162 m^2

Neben den fünf als Untergruppen betitelten Fruchtfolgeabschnitten wurden die zur Charakterisierung der betrieblichen Fruchtfolgesituation komplementär angelegten Grünlandparzellen mit umgebrochen und gingen als sechste Vorfrucht-Prüfvariante

Universität Rostock, Institut f. Landnutzung, Justus-von-Liebig-Weg 6 in 18059 Rostock
* Universität Göttingen, Forschungszentrum f. Veredelungswirtschaft, Driverstr. 22 in 49377 Vechta

in die Untersuchung ein. Alle Flächen erhielten im Frühjahr vor der Bodenbearbeitung eine organische Düngung von 5 t/ha Pferdemist.
Prüfmerkmale waren die Erträge und N-Entzüge der einheitlich geführten Nachfrucht Sommertriticale, der Nmin-Gehalt des Bodens vor Eintritt der Sickerwasserperiode sowie die N-Konzentrationen im Sickerwasser während des Winterhalbjahres.
Die Bemessung der Vorfruchteffekte auf die Prüfmerkmale der N-Effizienz erfolgte varianzanalytisch mittels ANOVA für das vorliegende split-plot-design.

Ergebnisse und Diskussion
Die unterschiedlichen Vorfruchtvoraussetzungen führten nicht zu gravierend unterschiedlichen Verhältnissen im Hinblick auf die Stickstoffverwertung der Sommerung. Markant ist lediglich die relativ schlechte Verwertung des Stickstoffs, welcher aus dem Grünlandumbruch resultiert. Dies zeigt sich ungeachtet des hohen Ertragsniveaus in vergleichsweise hohen Restnitratmengen und N-Konzentrationen im Sickerwasser.

Tab. 2: Einfluss der Vorfrucht-Varianten auf ausgewählte Kenngrößen der Stickstoff-effizienz von Sommergetreide (Versuchsjahr 2006, Sickerwasserperiode 2006/2007)

Vorfrucht-Variante	**Kornertrag** [dt/ha]	**N-Ertrag Körner** [kg/ha]	**Strohertrag** [dt/ha]	**N-Ertrag Stroh** [kg/ha]	**Nmin** [kg/ha]	**N-Konz. Sickerwasser** [mg NO3-N/L]
ANOVA	*p=0.008*	*p<0.001*	*p=0.012*	*p=0.003*	*p<0.001*	*p=0.005*
Dung 100	27.4 ba[1]	46.3 b	17.2 ba	9.8 ba	64.2 b	28.6 ba
Dung 200	25.6 ba	44.0 bc	18.3 ba	8.7 b	57.9 b	22.3 b
Kleegras	25.4 ba	45.1 bc	13.7 b	7.0 b	61.4 b	23.6 b
Ackerbohne	19.1 b	32.1 c	13.4 b	7.0 b	58.4 b	22.8 b
Grünland	32.5 a	71.9 a	22.7 a	13.9 a	94.7 a	34.7 a
NULL	21.2 b	34.6 bc	15.3 ba	8.1 b	55.9 b	19.6 b
l.s.d. [2]	*6.04*	*8.92*	*4.76*	*2.94*	*14.6*	*6.57*

[1)] unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikant unterschiedliche Mittelwerte zwischen den Vorfruchtvarianten (Tukey-Test)
[2)] l.s.d. - Fisher's Grenzdifferenz (least significant difference) = t × s.e.d

Die Ackerbohne vermochte auf diesem Standort nicht im erwarteten Maße N bereit zu stellen, so dass sie sich als Vorfrucht nur wenig von der bodenbürtigen Mineralisation (Variante NULL ohne legume Fruchtfolgeglieder) unterschied. Ob dies an einer mangelnden Fixierungsleistung auf dem Standort oder aber an einer asynchronen N-Freisetzung liegt, soll Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.
Die Nmin-Werte korrespondieren mit den N-Sickerwasser-Konzentrationen, so dass von einer linearen Beziehung zwischen Rest-Nmin-Gehalten und der ausgewaschenen N-Fracht auszugehen ist.

Literatur
Berntsen, J.; Grant, R.; Olesen, J.E.; Kristensen, I.S.; Vinther, F.P.; Mølgaard, J.P. and Petersen, B.M. (2006): Nitrogen cycling in organic farming systems with rotational grass–clover and arable crops. Soil Use and Management 22, 197–208.
Crews, T.E. and Peoples, M.B. (2005): Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 72, 101–120

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 16–17 (2007)

Effekte des Anbausystems Weite Reihe im Ökologischen Landbau auf Ertrag und Qualität von Getreide und Raps

Konstantin Becker & Günter Leithold

Einleitung

Das Anbauverfahren Weite Reihe im ökologischen Landbau wurde vorrangig hinsichtlich seiner Eignung zur Produktion von Backweizen untersucht (Becker 2007, Debruck 2004, Pommer 2003). In der vorliegenden Arbeit sollte geprüft werden, ob sich unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus Vorteile des Anbausystems Weite Reihe auch bei weiteren Getreidearten oder bei Raps erschließen lassen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2004 und 2005 auf zwei unterschiedlichen Praxisstandorten in Hessen durchgeführt (I = Wetterau, II = Vogelsberg). Angebaut wurden die Getreidearten Winterweizen, Winterroggen, Hafer und Sommergerste sowie Winterraps. Die geprüften Kulturen wurden in Normalsaat (12,5 cm) und in Weiter Reihe (50 cm) angebaut, jeweils mit und ohne Untersaat. Die Erfassung der Erträge erfolgte mittels Handernte. Die Unkrautbekämpfung in den normalgesäten Varianten erfolgte mit einem Striegel, in den Varianten mit 50 cm Reihenweite wurde eine Gänsefußscharhacke eingesetzt. Mit der Unkrautbekämpfungsmaßnahme erfolgte die Ausbringung der Untersaaten. Die Untersaaten in den Weiten Reihen wurden zusätzlich einmal mit einem Reihenmulcher gepflegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zu den Erträgen (Tabellen 1 und 2) zeigen, dass sich das Verfahren Weite Reihe über den Qualitätseffekt bei Backweizen hinaus in Zusammenhang mit Unkrautkonkurrenz bei den verschiedenen Kulturen ertragsstabilisierend auswirken kann. Vor allem könnte dieser Effekt zu Absicherung eines Anbaus von Winterraps im Ökologischen Landbau genutzt werden.

Winterweizen: in den Erntejahren 2004/2005 ließen sich gegenläufige Tendenzen erkennen. Während im Erntejahr 2004 auf beiden Standorten der Ertrag bei 50 cm Reihenweite über dem Ertrag bei 12,5 cm lag, wurde im Erntejahr 2005 auf dem Standort Wetterau ein höherer Ertrag bei Normalsaat erreicht (Tab. 1 und 2). Die Feuchtklebergehalte bei Weizen (Tab. 3) lagen bei Weiter Reihe in allen Fällen über den Werten bei Normalsaat (signifikant im Erntejahr 2004 Standort I, 2005 signifikant Standort II).

Winterroggen: die Erträge wurden in der Regel negativ durch die Reihenerweiterung beeinflusst. Eine Ausnahme bildet das Erntejahr 2004 auf dem Standort II (hoher Unkrautdruck). Aufgrund der intensiveren Unkrautbekämpfungsmöglichkeit bei 50 cm Reihenweite konnte ein signifikanter Mehrertrag gegenüber der Normalsaat erreicht werden (Tab.1und 2).

Die Sommergetreideart *Gerste* auf dem Standort I reagierte im Erntejahr 2004 sign. negativ auf die 50 cm-Reihenerweiterung, im Erntejahr 2005 brachte der Weitreihenanbau wiederum bei hohem Unkrautdruck tendenziell Vorteile mit sich. Der *Haferanbau* auf dem Standort II zeigte sich in beiden Jahren durch die verschiedenen Reihenweiten unbeeinflusst (Tab.1 und 2).

JLU Giessen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21 C, D-35394 Giessen

Winterraps: Bei dieser Kultur wurden im Erntejahr 2005 signifikante Ertragssteigerungen durch das Anbauverfahren Weite Reihe festgestellt. Auf dem Standort I wurde bei Reihenabstand 50 cm über 20 % mehr als bei Normalsaat geerntet, auf dem Standort II erreichte der Rapsertrag mit ca. 22 dt/ha bei 50 cm das doppelte gegenüber der Normalsaat (Tab. 1 und 2). Untersaaten konnten in den Rapsbeständen nicht etabliert werden. Der Rohfettgehalt bei Raps blieb trotz der Ertragsunterschiede unbeeinflusst (Tab. 3)

Tab. 1: Kornerträge (dt/ha TS) verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten, Standort I (Wetterau)

	Ernte 2004				
	12,5 cm	12,5cm US	50cm	50cm US	Ø
Weizen	42,6	36,5	47,6	47,6	43,6
Roggen	34,1	31,1	29,5	25,8	30,1
Raps	-	-	27,8	-	27,8
Gerste	46,3 **a***	47,1 **a**	37,8 **b**	37,8**b**	42,3
	Ernte 2005				
Weizen	62,0	63,6	56,9	56,6	59,7
Roggen	27,9	23,4	22,0	28,2	25,3
Raps	24,5 **b**	-	31,1 **a**	-	27,8
Gerste	37,2	39,6	46,3	43,8	41,7

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

Tab. 2: Kornerträge (dt/ha TS) verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten, Standort II(Vogelsberg)

	Ernte 2004				
	12,5 cm	12,5cm US	50cm	50cm US	Ø
Weizen	33,5	30,2	47,2	47,4	39,5
Roggen	11,5b	17,4 **b**	25,1 a	28,5 **a**	20,6
Hafer	26,2	27,9	27,5	28,5	27,5
	Ernte 2005				
Weizen	46,3	44,5	52,9	51,2	48,7
Roggen	31,6	31,8	23,3	31,7	29,6
Raps	11,3 **b**	-	22,4 **a**	-	16,8
Hafer	32,5	33,6	31,7	34,1	33,0

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

Tab. 3: Feuchtklebergehalt (%) bei Weizenkorn und Rohfettgehalt bei Rapssaat bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten, Standort I (Wetterau) und II (Vogelsberg).

	Ernte 2004				
	12,5 cm	12,5cm US	50cm	50cm US	Ø
Weizen I	16,0	15,6	17,1	17,7	16,6
Weizen II	26,3 **a**	28,0 **a**	31,0 **b**	30,5 **b**	28,6
	Ernte 2005				
Weizen I	26,3 **a**	27,1 **a**	30,5 **b**	30,2 **b**	28,5
Weizen II	22,6	23,1	24,6	24,8	23,8
Raps I	48,4	-	48,9	-	48,7
Raps II	50,9	-	50,5		50,7

*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test ≤ 0,05

Literatur

Becker, K. (2007): Weitreihenanbau von Winterweizen im Ökologischen Landbau: Möglichkeiten zur Verbesserung von Backqualität und Vorfruchtwert. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Debruck, J. (2004): Mit Abstand beste Qualität. Das Phänomen der weiten Reihe: Winterweizen im Ökoanbau. Neue Landwirtschaft 1 2004, 48-49

Pommer, G., (2003): Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. In Freyer, B. (Hrsg.): Beitr. zur 7. Wita zum Ö. L.; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 18–19 (2007)

Teilflächenspezifische Wirtschaftsdüngung in Öko-Winterweizen unter schleswig-holsteinischen Anbaubedingungen

Derk Westphal, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Eines der größten Probleme im ökologischen Landbau stellt die Stickstoffversorgung von Nicht-Leguminosen sowohl rein mengenmäßig, aber auch bedarfsgerecht im Zuwachsverlauf dar. Dadurch können häufig nur unbefriedigende Erträge und Qualitäten erzielt werden. Mit Hilfe von Wirtschafts- bzw. Zukaufdüngern lassen sich Erträge und Qualitäten ökologischer Marktfrüchte verbessern (Taube *et al.*, 2005). Allerdings ist die Verwertungseffizienz von organischen Düngern eher gering. Häufig werden erst beim Einsatz hoher N-Mengen befriedigende Ergebnisse erzielt (Dreymann, 2005). Da auf vielen Betrieben die organischen Düngemittel nur begrenzt verfügbar sind, kann eine teilflächenspezifische Ausbringung von Düngemitteln eine Verbesserung der N-Effizienz bewirken. Dies wird seit langem im konventionellen Landbau untersucht. Im ökologischen Landbau liegen zu diesem Thema allerdings noch keine Ergebnisse vor. Im interdisziplinären Forschungsprojekt „Hof Ritzerau“ werden die Möglichkeiten und Grenzen einer bodenartspezifischen Applikation von Wirtschaftsdüngern untersucht. Dabei wird die Fragestellung, in welcher Weise die Bodenart die Ertragswirkungen und N-Verwertung bei einer Jauchegabe zu Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbsen beeinflusst, untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf dem nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Betrieb „Hof Ritzerau“ (48 Bp, 8,5°C Jahresdurchschnittstemperatur, 750 mm Durchschnittsjahresniederschlag) im ostholsteinischen Hügelland durchgeführt. In den Versuchsjahren 2005 und 2006 wurden auf den Betriebsschlägen mit Winterweizen nach Körnererbsen Teilareale mit unterschiedlichen Bodenarten (Sand über Lehm (S/L), lehmiger Sand (lS) und Lehm (L)) ausgewählt. Auf diesen Flächen wurden neben der ungedüngten Kontrolle Parzellen eingerichtet, die jeweils in zwei Teilgaben zu EC 29 und EC 39 mit insgesamt 135 kg Gesamt-N ha^{-1} in Form von Rinderjauche gedüngt wurden. Die Rinderjauche wurde mit Hilfe von Schleppschläuchen bodennah appliziert. Neben Pflanzen- und Bodenbeprobungen im Zuwachsverlauf wurde zur Ernte ein Parzellendrusch zur Erhebung der Ertragsleistung und der Kornqualität durchgeführt. Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket SAS. In den Ergebnissen sind signifikante Unterschiede durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Jauchedüngung führte unabhängig von der Bodenart zu einer deutlichen Steigerung des Kornertrages und der Rohproteingehalte (Abb. 1). Die leichten Bodenarten S/L und lS waren lediglich mit Hilfe der Düngung in der Lage, den Ertrag zu erreichen, den der Weizen auf der schweren Bodenart Lehm auch ohne Düngung erzielt hat (Abb. 1A). Der höchste Ertrag wurde im Weizen auf dem schweren Boden in Kombination mit der Düngung erzielt.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Herrmann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel, Email: dwestphal@email.uni-kiel.de

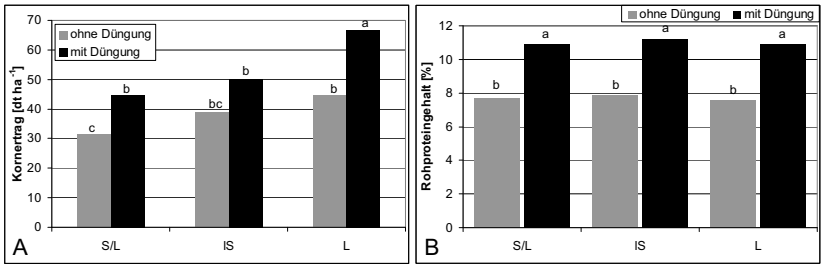


Abb. 1: Einfluss der Bodenart und der Jauchedüngung auf die Ausprägung des Kornertrages (A) und des Stickstoff-Ertrages (B) von Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbsen im Mittel über die Jahre 2005 und 2006.

Durch die Bodenart konnte kein Einfluss auf die Ausprägung der Korn-Rohproteingehalte festgestellt werden (Abb. 1B). Auf allen drei untersuchten Bodenarten lag der Rohproteingehalt unter 8 %. Durch die Düngung konnte dieser auf knapp 11 % gesteigert werden. Diese Seigerung des Rohproteingehaltes führt zu einer nicht unerheblichen Marktwertsteigerung des Getreides, da es durch den hohen Rohproteingehalt als Backgetreide, statt Futtergetreide eingestuft werden kann.

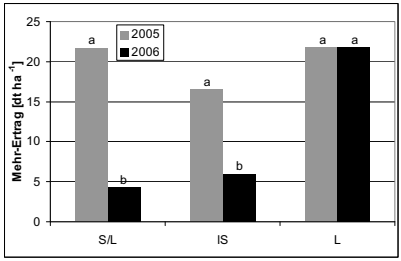


Abb. 2: Einfluss von Bodenart und Jahr auf den Mehrertrag von Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbsen.

Abb. 2 zeigt den Einfluss der Bodenart und des Jahres auf den Mehrertrag des Winterweizens durch die Düngung. Im Jahr 2005 wurden auf allen drei Bodenarten keine signifikant unterschiedlichen Ertragszuwächse durch die Jauchedüngung festgestellt. Dagegen fielen im Jahr 2006 mit einer ausgeprägten Trockenheit von Juni bis August die Mehrerträge durch die Düngung und damit die Effizienz der Düngung auf den leichten Standorten (lS u. S/L) erheblich geringer aus. Lediglich auf Lehmboden wurden in beiden Jahren ähnliche Effekte durch die Düngung erzielt.

Abschließend kann gesagt werden, dass aufgrund der geringen Bodenvariabilität am Versuchsstandort (nur knapp 5 % der Flächen entsprechen der Bodenart Lehm), die mit hohen Kosten verbundene teilflächenspezifische Jauchedüngung keinen Vorteil darstellt. In Extremjahren ist Wasser statt Stickstoff der ertragslimitierende Faktor. Auf Betrieben mit einen größeren Variation der Bodenarten und der Gefahr einer Frühsommertrockenheit kann eine teilflächenspezifische Jaucheapplikation zugunsten der besseren Böden Vorteile mit sich bringen.

Literatur

Dreymann, S. (2005): N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Taube, F., Loges, R., Kelm, M., Latacz-Lohmann, U. (2005): Vergleich des ökologi-schen und konventionellen Ackerbaus im Hinblick auf Leistungen und ökologische Effekte auf Hochertragsstandorten Norddeutschlands. Berichte über Landwirtschaft 83:165-176.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 20–21 (2007)

Einfluss von Saatdichte und Reihenweite auf Pflanzenentwicklung, Winterrapsertrag und Kornqualität bei dem Semidwarf Belcanto

Martin Hey, Bernd Look, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Fortschritte in der Weizenzüchtung führten zur Entwicklung von Genotypen, die sich im Vergleich zu den bekannten Liniensorten und Hybriden durch ein vermindertes Längenwachstum auszeichnen. Verwertbare Erkenntnisse darüber, ob die veränderte Wuchsform auch eine Anpassung von anbautechnischen Maßnahmen erfordert, liegen für das mitteldeutsche Lößtrockengebiet bisher nicht vor (Hey, 2005).

Es wurde deshalb in einjährigen Feldversuchen der Einfluss variierter Saatdichte und Reihenweite auf die Pflanzenentwicklung der Halbzwerghybride Belcanto untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2003 bis 2006 in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt (134 m NN, langj. Jahresniederschlag 484 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 8.8 °C) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bodentypologisch handelt es sich bei dem Standort im mitteldeutschen Trockengebiet um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 21 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2,1 M.-%) im Ap-Horizont.

Die Versuche wurden jeweils einfaktoriell angelegt. Bei der Saatdichte (konstante Reihenweite 12 cm) wurden die Faktorstufen 50, 70 und 90 keimfähige Körner je m² (kKö/m²) und bei der Reihenweite (konstante Saatdichte 70 kKö/m²) 12, 24 und 36 cm einbezogen. Die übrigen anbautechnischen Maßnahmen wurden als fixe Faktoren realisiert. Die Hybride Belcanto stellte die Fa. Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG zur Verfügung.

Ergebnisse und Diskussion

Das Aufgangsverhalten war durch bodenfeuchtebedingte Effekte geprägt. Mit mehr als 90% sind die FA-Werte in beide Jahren als „hoch“ zu bewerten. Die Unterschiede zwischen den Varianten der Saatdichte und der Reihenweite waren dabei minimal.

Die Saatdichten wirkten sich wesentlich auf die Vorwinterentwicklung aus. Steigende Saatdichten senkten den Wurzelhalsdurchmesser, die Blattanzahl und die mittlere Einzelpflanzenmasse. Der Einfluss der Reihenweite war jedoch weitaus geringer. Dennoch tat auch hier mit zunehmender Reihenweite bzw. vermindertem Pflanzenabstand in der Reihe tendenziell eine Abnahme des Wurzelhalsdurchmessers auf.

Die Überwinterungsraten wurden unter den Prüfbedingungen durch steigende Saatdichten und Reihenweiten herabgesetzt. Bei theoretischen Pflanzenabständen in der Reihe von 6 cm (RW 24 cm) und 4 cm (RW 36 cm) betrugen beispielsweise die Pflanzenverluste über Winter 17 bzw. 29 % (Abb. 1).

Im Versuchsjahr 2004 wurde infolge der langen Abreifphase bei kühler Witterung ein ansprechendes Ertragsniveau erzielt. Die Saatdichte wirkte weder 2004 noch 2005 differenzierend auf Kornertrag, Ölgehalt und Tausendkornmasse (Tab. 1). Dagegen führte die Drillsaat bei der Reihenweite von 36 cm in beiden Jahren gegenüber 12

Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

und 24 cm zu einer deutlichen Senkung des Ertrages und 2004 auch zu Herabsetzung des Ölgehaltes.

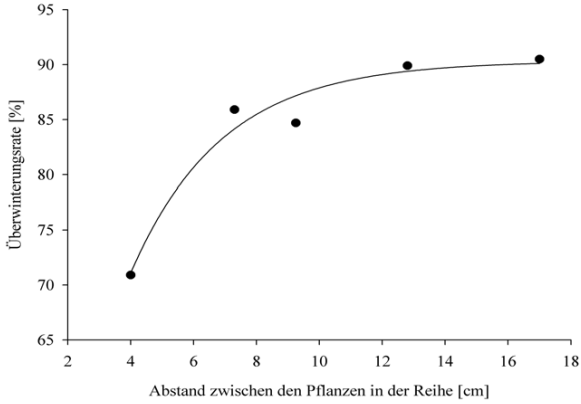


Abb. 1: Überwinterungsrate in Abhängigkeit vom Pflanzenabstand in der Reihe

Die Halbzwerghybride Belcanto reagiert bei Saatdichte und Reihenweite offenbar ähnlich wie die bekannten Linien- und Hybridsorten. Verstärkt treten Konkurrenzeffekte auf, wenn die Pflanzenabstände in der Reihe weniger als 6 cm betragen. Die Erweiterung der bisher üblichen Reihenweiten von bis zu 25 cm auf über 40 cm würde unter Einhaltung dieses Minimalabstandes Saatdichten von nur 30-35 kKö/m² zulassen. Zur Sicherung der dafür notwendigen Ablagegenauigkeit sind dann besonders hohe Anforderungen an die Sätechnik und die Saatbettqualität zu stellen.

Abb. 1: Überwinterungsrate in Abhängigkeit vom Pflanzenabstand in der Reihe

Die Halbzwerghybride Belcanto reagiert bei Saatdichte und Reihenweite offenbar ähnlich wie die bekannten Linien- und Hybridsorten. Verstärkt treten Konkurrenzeffekte auf, wenn die Pflanzenabstände in der Reihe weniger als 6 cm betragen. Die Erweiterung der bisher üblichen Reihenweiten von bis zu 25 cm auf über 40 cm würde unter Einhaltung dieses Minimalabstandes Saatdichten von nur 30-35 kKö/m² zulassen. Zur Sicherung der dafür notwendigen Ablagegenauigkeit sind dann besonders hohe Anforderungen an die Sätechnik und die Saatbettqualität zu stellen.

Literatur

Hey, M. 2005: Zur Wirkung von Saatdichte und Reihenweite auf Pflanzenentwicklung, Winterrapsertrag und Kornqualität bei dem Semidwarf Belcanto. Halle, Univ., Inst. Acker- und Pflanzenbau, Dipl.-Arb.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 22–23 (2007)

Einfluss von variierter Stickstoffdüngung auf Ertrag und Kornqualität bei verschiedenen Winterrapsgenotypen

Marko Stieberitz, Bernd Look, André Köhler, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Der Winterraps stellt hohe Anforderungen an die Stickstoffversorgung. Er ist zudem durch erhebliche N-Bilanzüberschüsse gekennzeichnet. Aus ökologischer und ökonomischer Sicht ist deshalb die Optimierung des N-Einsatzes ein unbedingtes Erfordernis. Hierzu wurden für verschiedene Standortbedingungen bereits Ergebnisse mit einzelnen Winterrapsgenotypen mitgeteilt (Kessel 2000, Behrens 2002, Sieling 2006). Für die speziellen Bedingungen in Sachsen-Anhalt und besonders die neu gezüchteten Hybriden mit reduzierter Wuchslänge liegen bisher keine detaillierten Angaben vor.

Aus diesem Grunde wurden im mitteldeutschen Löß-Trockengebiet die Auswirkungen der mineralischen N-Düngung auf die Erträge und Kornqualität bei verschiedenen Winterrapssortentypen untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2003 bis 2006 in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bei dem Standort im mitteldeutschen Trockengebiet (langj. Jahresniederschlagsmenge 484 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 8.8 °C) handelt es sich um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 21 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2,1 M.-%) im Ap-Horizont.

Die Versuche wurden als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Prüffaktoren (A) Sorte (Liniensorte Express, MSL-Hybride Talent, Halbzwerghybride Belcanto) und (B) mineralische Stickstoffdüngung (ohne, 160 und 240 kg N/ha) angelegt. Die N-Mengen (abzüglich des N_{min}-Vorrates in 0-6 dm Bodentiefe vor Vegetationsbeginn im Frühjahr) wurden ab dem Versuchsjahr 2005 um die Aufwandmenge 320 kg N/ha erweitert. Zum Einsatz kamen die Düngemittel Piamon und Kalkammonsalpeter, die je nach Aufwandmenge in einer bzw. zwei Gaben verabreicht wurden. Hervorzuheben ist, dass die Sorten zur Vermeidung von Qualitätseinbußen in Abhängigkeit vom Reifezustand zu unterschiedlichen Terminen geerntet wurden. Die übrigen anbautechnischen Maßnahmen erfolgten einheitlich auf der Gesamtfläche (u.a. Saatdichte 60 kKö/m², Reihenweite 15 cm, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Behandlungstermine).

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel des Versuchszeitraumes wurde mit mehr als 45 dt/ha ein relativ hohes Ertragsniveau realisiert (Tab. 1). Dabei treten zwischen den Genotypen (Liniensorte, MSL-Hybride und Halbzwerghybride) sowohl innerhalb der Versuchsjahre als auch im Mittel des Versuchszeitraumes bei vergleichbarer N-Stufe keine signifikanten Ertragsunterschiede auf. Mit zunehmender N-Düngung steigt der Samenertrag rasch an, aber auch der Ernteindex nimmt zu.

Die optimalen Düngermengen liegen je nach Jahr im Bereich von 200-220 kg N/ha. Damit entsprechen sie den Angaben von Albert (2007), der auf Basis von mehrjähri-

Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

gen N-Steigerungsversuchen für sächsische Lehmböden 200 kg N/ha als Sollwert ausweist.

Im Mittel des Versuchszeitraumes liegt der N_{min}-Gehalt auf dem sorptionsstarken und umsetzungsaktiven Löß in 0-6 dm Bodentiefe zu Vegetationsbeginn im Frühjahr bei 70 kg N/ha. Unter Berücksichtigung dieser N_{min}-Menge beträgt der Erzeugungswert je kg Stickstoff auf der ungedüngten Referenzvariante 43.6 kg Rapssamen. Er vermindert sich bei 160 und 240 kg N/ha (Düngerstickstoff incl. N_{min}) auf eine Rapsmenge von 29.0 bzw. 20.4 kg.

Tab. 1: Einfluss der mineralischen N-Düngung auf Ertrag und Ölgehalt von verschiedenen Winterrapsgenotypen im Mittel der Jahre 2004-2006

Sorte	N-Düngung [kg/ha]			Mittel	
	ohne	160	240	dt/ha	rel.
Ertrag [dt/ha] bei 91 % TS					
Express	31.7	47.8	48.8	42.8	100
Talent	28.5	44.8	49.1	40.8	95
Belcanto	31.3	46.7	49.2	42.4	99
Mittel	30.5	46.4	49.0		
Ölgehalt [%] bei 91 % TS					
Express	50.7	49.1	47.2	49.0	100
Talent	49.7	47.4	46.0	47.7	97
Belcanto	47.0	44.2	42.0	44.4	91
Mittel	49.1	46.9	45.1		

Die einzelnen Sorten unterscheiden sich bei vergleichbaren Bestandesdichten wesentlich in den Ertragsstrukturmerkmalen und lassen so Kompensationsmöglichkeiten erkennen. So weist die Hybride Belcanto die höchsten Tausendkornmassen (TKM) und Schotenzahlen je Pflanze auf. Infolge der ausgeprägten Verzweigung und der damit verbundenen großen Schotenzahlen ist die Samenzahl je Schote aber wesentlich geringer als bei den Sorten Express und Talent. Die größte Samenzahl je Schote tritt bei der MSL-Hybride Talent auf. Sie bringt ähnlich hohe TKM-Werte wie die Sorte Express hervor. Die N-Düngung fördert generell die Schotenzahl je Pflanze und die Tausendkornmasse. Auf die Samenzahl je Schote ist der Einfluss der Genotypen im Versuchszeitraum jedoch nur gering.

Der Ölgehalt ist im Versuchszeitraum sehr hoch. Mit steigender N-Düngung ergibt sich dabei eine signifikante Reduzierung des Ölgehaltes. Besonders stark reagiert in dieser Hinsicht die Halbzwerghybride Belcanto, die auf den einzelnen Düngestufen die geringsten Ölgehalte und die größten Abnahmen zwischen den Düngevarianten bewirkt. In diesen Untersuchungen liegt sie deshalb im Ölertrag wesentlich unter dem Niveau der Liniensorte Express und zum Teil auch der MSL-Hybride Talent.

Literatur

Behrens, T. 2002: Stickstoffeffizienz von Winterraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von der Sorte sowie einer in Menge, Zeit und Form variierten Stickstoffdüngung.

Kessel, B. 2000: Genetische Variation und Vererbung der Stickstoff-Effizienz bei Winterraps (*Brassica napus* L.). Cuvillier Verlag Göttingen.

Sieling, K. 2006: Mündliche Mitteilung.

Albert, E. 2007: Düngung. In: Christen, O. und W. Friedt (Hrsg.): Winterraps. Das Handbuch für die Praxis. DLG Verlag Frankfurt/M., S. 115-128.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 24–25 (2007)

Wirkungen einer Gülledüngung zu Silomais und Untersaat zu Winterroggen auf die Salden der Humus- und Stickstoffbilanzen sowie des N_{min}- Gehaltes in einer dreifeldrigen Fruchtfolge

Detloff Köppen, Britta Kowalski & Bettina Eichler-Löbermann

Einleitung

Ausgehend von der Notwendigkeit der Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und der Gestaltung ausgewogener Nährstoffkreisläufe sollte in einer dreifeldrigen Fruchtfolge der Einfluss einer Untersaat im Winterroggen (Rehbein et al. 1990) in Verbindung mit einer Gülledüngung zum Mais (Barekzai et al. 1993) auf die Humus- und N-Bilanz sowie den Nmin-Gehalt geprüft werden. Über die Wirkung der Prüffaktoren auf den Ertrag und die Qualität der Fruchtarten wurde bereits berichtet (Köppen 2006).

Material und Methoden

In den Jahren 1993-1998 wurde in einer dreifaktoriellen Spaltanlage mit den Fruchtarten (Faktor A) Silomais - Sommergerste - Winterroggen in zwei Rotationen die Wirkung einer Rotkleegrasuntersaat (Faktor B) zu Winterroggen und Gülledüngung (Faktor C) bzw. Silomais geprüft. Prüfkriterien waren Humus- und N-Bilanzen und der N_{min}-Gehalt vor und nach Silomais in drei Bodentiefen.

Ergebnisse und Diskussion

Der mittlere Humussaldo der Fruchtfolgebilanz war mit -251 kg Humus-C ha^{-1} sehr niedrig (Gruppe A). Das trifft auch auf die drei Fruchtfolgefelder zu. Von den Fruchtarten schneidet der Winterroggen mit -147 kg Humus-C ha^{-1} am besten ab (Gruppe B). Für eine Einstufung der Humusbilanzen in Gruppe B wäre mindestens eine Strohdüngung zur Sommergerste (3 t Stroh x Faktor 90 = 270 kg C ha^{-1}) erforderlich.

Die N-Bilanzsalden von Silomais wurden signifikant von der Gülledüngung geprägt. Das trifft auch auf die Wechselwirkungen zwischen den Stufen des Faktor B und C zu. Trotz der hohen N-Entzüge war der N_{min}-Gehalt im Herbst nach Silomais noch sehr hoch. Die N-Bilanzüberschüsse steigen durch die zusätzliche organische Düngung (Kleegrasuntersaat) an. Beim Frühjahrsumbruch wird der im Kleegras festgelegten symbiontisch gebundenen Stickstoffs als Zufuhr zu Silomais mit 100 % und beim Herbstumbruch zu 80 % angerechnet. Durch die Untersaat wird der Bodenpool an leicht mineralisierbarer organischer Substanz deutlich erhöht, so dass die potenziell auswaschungsgefährdete Stickstoffmenge im Boden – insbesondere bei legumen Untersaaten – ansteigt.

Die Untersaateffekte auf den N-Bilanzsaldo konnten nicht gesichert werden. Den größten Einfluss auf den N_{min}-Gehalt des Bodens im Folgejahr hatte die Stufe b2 (Herbstumbruch). Einen Hinweis auf eine mögliche N-Verlagerung über Winter geben die vorliegenden Untersuchungsergebnisse der untersten Bodenschicht (60 – 90 cm). Durch den Anbau von Kleegras und dessen Umbruch im Frühjahr kam es zu einer Konservierung des Stickstoffs durch Speicherung in der organischen Substanz, die im vorliegenden Versuch ca. 20 kg N ha^{-1} ausmachte (N_{min}-Gehalt im Frühjahr: Differenz der Prüfstufenmittel b3 und b1) und somit vor Verlagerung geschützt wurde.

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Der N_{min}-Gehalt des Bodens nach Silomais ist in allen Prüfgliedern sehr hoch und liegt ausnahmslos über den empfohlenen maximal tolerierbaren N_{min}-Werten (0 – 90 cm Bodenschicht) von unter 50 kg N ha^{-1}.
Zwischen dem N_{min}-Gehalt im Boden und den N-Bilanzsalden der Prüfglieder bestand ein enger korrelativer Zusammenhang (r = 0,83).
Die N-Bilanzsalden der Fruchtfolge sind signifikant von der N-Zufuhr durch die Gülle abhängig. Alle Bilanzsalden mit Ausnahme der Prüfglieder b2c3 und b3c3 befinden sich im negativen Bereich, d.h. im Mittel der Fruchtfolge werden dem Boden ohne organische Düngung (c1) jährlich 41 kg N ha^{-1} entzogen, während ihm in der Stufe c3 jährlich 2 kg N ha^{-1} zugeführt werden. Eine kurzzeitige negative N-Bilanz muss nicht zwangsläufig einen Raubbau an den Nährstoffvorräten des Bodens zur Folge haben. Langfristig kann aber nur eine ausgeglichene N-Bilanz eine positive Beeinflussung des N_t-Gehaltes in der Krume und die Erhöhung des Humusgehaltes bewirken und somit zur erweiterten Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit beitragen.

Literatur

Barekzai, A.; A. Becker und J. Braschkat 1993: Auswirkungen gesteigerter Güllegaben auf N-Entzug und N-Bilanz von Mais sowie auf die N-Fraktionen des Bodens, Arch. Acker- Pfl. Boden., 37, 341-350.

Köppen, D. 2006: Wirkungen einer Gülledüngung zu Silomais und Untersaat zu Winterroggen auf Ertrag und N-Entzug in einer dreifeldrigen Fruchtfolge. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 298-299.

Rehbein, G.; R. Stöhring und A. Grüner 1990: Neuer Dauerversuch zur Wirkung komplexer ackerbaulicher Maßnahmen auf Erträge, Nährstoffentzüge und Bodenfruchtbarkeitsmerkmale in der Versuchsstation Rostock - Konzeption und Ergebnisse. Wiss. Z. Uni. Rostock, N-Reihe 39 (2), 5-9.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 26–27 (2007)

Saatgutbefall von Winterweizen mit *Fusarium culmorum* Bekämpfung mit Pflanzenextrakten

Karin Förster, Katharina Kuhn & Wulf Diepenbrock

Einleitung

Der Mycotoxin bildende Pilz *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. gehört zu den Pathogenen des Getreides, die über die Ähre, das Saatgut oder den Boden verbreitet werden können. In Untersuchungen von Kuhn et al. (2005) hemmten *Sambucus nigra*-Extrakte das Wachstum von *Fusarium culmorum* und *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet in vitro. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde die Wirkung einer Saatgutbehandlung mit *S. nigra*-Extrakt auf gesundes und natürlich mit *F. culmorum* infiziertes Winterweizensaatgut unter unterschiedlichen Anzuchtbedingungen geprüft.
Im Folgenden werden Ergebnisse der Prüfung unter suboptimalen Bedingungen vorgestellt.

Material und Methoden

Infiziertes und nicht infiziertes Saatgut der Sorte `Naturastar´ (Ernte 2005) wurde mit Pflanzenextrakten (Extrakt 1 auf *Sambucus nigra* basierend; Extrakt 2 Vergleichspräparat) behandelt, schonend zurückgetrocknet und in ein sterilisiertes Erde-Sand-Gemisch ausgesät. Die Aussaat erfolgte zweimal direkt nach der Rücktrocknung (V 1 und V 2), einmal nach 85tägiger Lagerung (V 3). Im dritten Versuch (V 3) wurde zusätzlich die Wirkung von Wasserbehandlungen am infizierten Saatgut getestet. Die Versuche wurden als Blockanlage mit 4 Wiederholungen á 50 Korn angelegt. Die Pflanzenanzucht erfolgte in 4 l Gefäßen in der Klimakammer bei 15 °C, 70 % relativer Luftfeuchtigkeit und 12 h Beleuchtung/Tag. Bonitiert wurden Aufgang und Gesundheitszustand der Pflanzen. Für die Auswertung der Boniturnoten wurde das Programm für Kontingenztafel- und Kontrastanalyse der Abteilung Biometrie und Informatik der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg verwendet (Warnstorff & Dörfel, 1998). Es wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % gearbeitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Saatgutbehandlung des gesunden Saatgutes einerseits und des mit *F. culmorum* infizierten Saatgutes andererseits unterschieden sich in allen drei Versuchen deutlich. Die Behandlung des gesunden Saatgutes hatte keinen Einfluss auf den Pflanzenaufgang. Acht Tage nach der Aussaat lag der Aufgang der unbehandelten Variante (Kontrolle) in den drei Versuchen zwischen 98 und 99 %. Der Aufgang der behandelten Varianten lag im 1. Versuch zwischen 96,5 % (Var. 4) und 98,5 % (Var. 5), im 2. Versuch zwischen 93 % (Var. 4) und 97,5 % (Var. 6) sowie im 3. Versuch zwischen 96 % (Var. 4 u. 6) und 97,5 % (Var. 2). Die Ergebnisse der Aufgangsbonitur für die Behandlungsvarianten des infizierten Saatgutes sind in Tab. 1 dargestellt. Das chemische Beizmittel (Var. 2) erhöhte nur im 1. Versuch den Pflanzenaufgang sieben Tage nach der Aussaat signifikant, im 2. und 3. Versuch unterschied sich der Aufgang der Var. 2 nicht signifikant von dem der Kontrolle bzw. beider Konzentrationen des Extraktes 1 (2. u. 3. Versuch) sowie beider Konzen-

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, 06099 Halle (S.), Karin.foerster@landw.uni-halle.de

trationen des Extraktes 2 im 3. Versuch. Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und zur chemischen Beizung führte im 1. und 2. Versuch die hohe Konzentration der Extrakte 1 und 2 (Var. 3 u. 5) zu einem signifikant niedrigeren Aufgang. Die Saatgutbehandlung mit der niedrigeren Konzentration des Extraktes 1 war nur im 1. Versuch schlechter als die chemische Beizung, die des Extraktes 2 war es in den Versuchen 1 und 2. Auffällig ist, dass nach der Lagerung des behandelten Saatgutes (V 3) kein signifikanter Unterschied zwischen dem Aufgang der mit Pflanzenextrakten behandelten Varianten 3 bis 6 sowie der Kontrolle (Var. 1) bzw. chemisch gebeizten Var. 2 gefunden wurde. Dagegen ist der Aufgang der mit Wasser behandelten Varianten 7 und 8 deutlich niedriger. Allerdings unterscheiden sich die Varianten 1, 3, 5 und 6 nicht signifikant von der Variante 8.

Tab. 1: Aufgang des infizierten Saatgutes in Prozent in Abhängigkeit von der Saatgutbehandlung nach sieben Tagen bei 15 °C, 70 % r. LF und 12 h Licht/Tag (n = 200)

Variante		Aufgang [%] V 1		Aufgang [%] V 2		Aufgang [%] nach 85 d Lagerung (V 3)	
1	Kontrolle	88,5	a	93	a	91	Ab
2	Landor CT (200 ml/dt)	96	b	94	a	94	A
3	Extrakt 1 (10 l/dt)	75,5	c	91	ab	89	Ab
4	Extrakt 1 (5 l/dt)	85	a	93	a	93,5	A
5	Extrakt 2 (10 l/dt)	77	c	78,5	c	88	Ab
6	Extrakt 2 (5 l/dt)	88,5	a	85	bc	90	Ab
7	Wasser (10 l/dt)	n. b.		n. b.		74,5	C
8	Wasser (5 l/dt)	n. b.		n. b.		86	B

n.b. nicht bestimmt; unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede im Aufgang (Kontingenztafelanalyse mit den absoluten Häufigkeiten)

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die antifungale Aktivität der beiden Extrakte in den gewählten Formulierungen und Konzentrationen unter suboptimalen Bedingungen im Klimakammerversuch keine ausreichende Wirkung gegen die samenbürtige Infektion des Winterweizens mit *Fusarium culmorum* hatte. Es ist zu prüfen, inwieweit eine veränderte Formulierung der Extrakte ihre Wirksamkeit am Saatgut erhöhen kann.

Literatur

Kuhn, K.; K. Förster; W. Diepenbrock 2005: Antifungale Wirksamkeit von Extrakten aus fünf Holundersorten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 247-248.

Warnstorff, K.; H. Dörfel 1998: Ein Programm zur Kontingenztafel- und Kontrastanalyse. Zeitschrift für Agrarinformatik 98, 38-42.

Die Autoren bedanken sich bei Prof. Dr. Miedaner von der Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim für die Überlassung der Saatgutpartien `Naturastar´.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 28–29 (2007)

Screening ausgewählter Weißfäulepilze für den Abbau von Maisstroh auf dem Feld zur Reduktion der Mykotoxinbelastung in der Folgekultur Winterweizen

Andrea Abele, Wilfried Hermann, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Aktuell wird intensiv über Fusariuminfektionen und die damit verbundene Mykotoxinbelastung in Getreide diskutiert. Seit 2001 wird in stärkerem Umfang bereits vor der Ernte eine Prüfung des Erntegutes auf Fusarium und Mykotoxingehalte gefordert. Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON) steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen in Interaktion mit nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren. Hierfür sind in erster Linie die auf der Bodenoberfläche liegenden, oftmals nur langsam verrottenden Maisstoppel verantwortlich. Sie stellen, insbesondere wenn es sich um Körnermaisstroh handelt, eine dauerhafte Infektionsquelle dar. In der Praxis ist die Fruchtfolgekonstellation „Weizen nach Mais“ auch vor dem Hintergrund der steigenden Energiemaisanbauflächen deutlich häufiger als die Fruchtfolgekonstellation „Weizen nach Weizen“, so dass die weitergehenden Untersuchungen zum Abbau durch saprophytäre Pilze am Beispiel Maisstroh mit Nachfrucht Weizen durchgeführt werden.
Vor diesem Hintergrund wurden 13, in der Literatur als effektiv ligninabbauend beschriebene, Weißfäulepilze ausgewählt und auf Ihre Fähigkeit Lignin in Maisstroh abzubauen untersucht und verglichen.

Material und Methoden

Zur Überprüfung möglicher Abbauraten von Maisstroh unter dem Einfluss verschiedener Weißfäulepilze wurde im Jahr 2006 auf der Versuchsstation Ihinger Hof gesammeltes Maisstroh (36 % Stängel, 58 % Blätter, 6 % Kolben) mittels einer Wiley – Mühle (Trabender) auf eine Partikellänge von 1 mm gemahlen. Das gemahlene Stroh wurde anschließend in einem Laborversuch mit 13 Weißfäulepilzen (Centraalbureau voor Schimmelcultures Utrecht) (Tab.1), in jeweils 3 Wiederholungen bei 25 °C im Keimschrank im Dunkeln inkubiert. Hierzu wurden jeweils 50 g Maistroh und 150 ml H_2O dest. in 850 ml Weithalsgläsern eingefüllt und mit sechs 0,5 cm^2 großen Pilzstücken beimpft. Das Maisstroh wurde zuvor durch zweimaliges Autoklavieren (121°; 20 min) im Abstand von 24 h sterilisiert.
Zur Bestimmung der Ligninabbaurate durch die unterschiedlichen Pilze wurden in wöchentlichen Abständen die Maisstrohproben über Nacht bei 105°C getrocknet und die Trockensubstanz bestimmt. Die Konzentration von NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre) und ADL (acid detergent lignin) wurde in einem fibretec System (Tecator) nach GOERING und VAN SOEST in Anlehnung an das LUFA – Methodenbuch (1976) bestimmt. Die Abbauraten wurden über eine einfaktorielle Varianzanalyse statistisch mit Hilfe des Programm SigmaStat 3.5 (Jandel Scientific, San José, USA) ausgewertet.

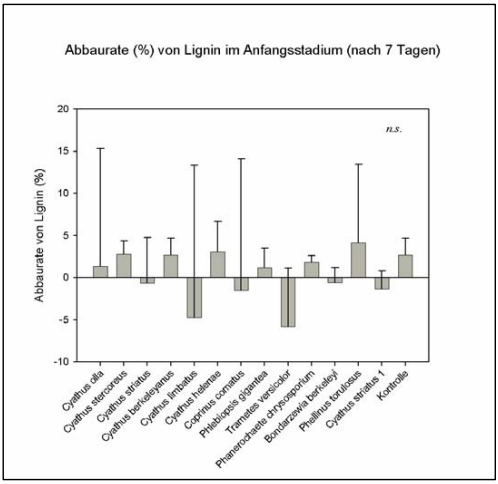
Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre (340), Universität Hohenheim, D – 70593 Stuttgart
* Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof, D – 71272 Renningen

Tabelle 1: Liste der getesteten Weißfäulepilze

	Pilzart	Referenznummer	Herkunft
1	*Cyathus olla*	CBS 375.80	Argentinien
2	*Cyathus stercoreus*	CBS 534.97	UK
3	*Cyathus striatus*	CBS 379.80	Canada
4	*Cyathus berkeleyanus*	CBS 369.80	USA
5	*Cyathus limbatus*	CBS 335.81	Taiwan
6	*Cyathus helenae*	CBS 315.75	Canada
7	*Coprinus comatus*	CBS 552.97	Niederlande
8	*Phlebiopsis gigantea*	CBS 429.72	Niederlande
9	*Trametes versicolor*	CBS 114372	Spanien
10	*Phanerochaete chrysosporium*	CBS 481.73	Kazakhstan
11	*Bondarzewia berkeleyi*	CBS 312.36	USA
12	*Phellinus torulosus*	CBS 182.34	USA
13	*Cyathus striatus 1*		Deutschland (Ihinger Hof)
14	*Kontrolle*		

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse (Abb. 1) wurden aus einem laufenden, auf 105 Tage angelegten Zeitversuch entnommen und zeigen erste Tendenzen für den Abbau von Lignin nach 7 Tagen durch die verschiedenen Weißfäulepilze. Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des gemahlenen Maisstrohs, kam es zu einer großen Variationsbreite der Abbaurate in den Wiederholungen einer Probe. Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials lagen einige Ligninwerte 7 Tage nach Versuchsansatz höher als der Startwert.



Die in der Abbildung dargestellten unterschiedlichen Abbautendenzen der verschiedenen Pilze deuten jedoch auf eine Differenzierung der Weißfäulepilze in der Effektivität Lignin abzubauen. Eine eindeutige Aussage wird allerdings erst nach einem längeren Abbauzeitraum möglich sein.

Abbildung 1: Abbaurate (%) von Lignin im Anfangsstadium nach einer Inkubationszeit von 7 Tagen.

Literatur

Goering, H.K. und P.J. Van Soest (1970): Forage fiber analyses (apparatus, reagents, produres and some applications). Handbuch 379. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

Naumann, C., und R. Bassler (1976): Methodenhandbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten VDLUFA – Verlag, Darmstadt

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 30–31 (2007)

Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau

Ralf Loges, Marco Eberle & Friedhelm Taube

Einleitung

Feldpilze der Gattung Fusarium spp. können beim Getreideanbau bzw. bei der Getreidelagerung unter ungünstigen Bedingungen Mycotoxine bilden, die für Mensch und Tier gefährlich sind. Durch die Vorgaben restriktiver Produktionsrichtlinien im ökologischen Landbau ändern sich im Vergleich zum konventionellen Landbau auch die äußeren Anbaubedingungen im Getreidebau, was letztendlich auch die Entwicklung von Schimmelpilzen und deren Mykotoxinsynthese beeinflusst. In diesem Zusammenhang wird häufig auf einen verstärkten Mangel der hygienisch-toxikologischen Qualität von Getreide aus ökologischer Produktion hingewiesen. Hierbei wird oft von der extensiveren ökologischen Wirtschaftsweise auf eine häufigere und höhere Belastung mit Mykotoxinen geschlossen. Zur Problematik der Mykotoxinbelastung im ökologischen und konventionellen Landbau wurden bisher zahlreiche wertvolle Einzeluntersuchungen bzw. Monitoringerhebungen durchgeführt. Zusammenfassende Studien, die sowohl Risikobewertung als auch Vermeidungsstrategien in Feld und Lager für deutsche Bewirtschaftungsverhältnisse beinhalten, sind notwendig, allerdings selten. Letzteres stellt den Anlass für die hier präsentierte Literaturübersicht dar.

Material und Methoden

Im Rahmen einer Literaturstudie, die auf 183 deutschsprachigen bzw. internationalen Veröffentlichungen basiert, wurde der Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen im ökologischen und konventionellen Getreidebau auf das Auftreten und die Entwicklung von Fusarien sowie auf das Risiko einer Mykotoxinkontamination durch den Erreger analysiert. Neben der Sichtung von Literatur zu den Einflussgrößen auf dem Feld wurden auch Arbeiten zum Einfluss der Lagerung auf den mykotoxikologischen Status von Getreide in die im Folgenden dargestellten Ergebnisse einbezogen. Die methodische Vorgehensweise bzw. die umfangreiche Liste der verwendeten Literatur kann der Originalarbeit von Eberle et al. (2007) entnommen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Vom Anbausystem unabhängige Umweltfaktoren - vor allem Temperaturverhältnisse sowie die Feuchtigkeitsbedingungen zum Zeitpunkt der Getreideblüte - wurden in der gesichteten Literatur als wichtigste Kriterien für Auftreten, Entwicklung, Verbreitung und damit Toxinbildung der Fusarien genannt.

Darüber hinaus wurde neben den Lagerungsbedingungen vor allem pflanzenbaulichen Steuergrößen entscheidenden Einfluss zugeordnet. Während den im ökologischen Landbau häufig vorkommenden Risikofaktoren Untersaat und Verunkrautung in der Literatur nur geringe Bedeutung für den Fusariumbefall zugemessen wird, erwiesen sich Sortenwahl, Fruchtfolgestellung sowie Intensität des Anbaus (hier vor allem die Halmverkürzung) bzw. der Bodenbearbeitung als wichtige Befallskriterien.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Herrmann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel, Email: rloges@email.uni-kiel.de

In Bezug auf diese Steuergrößen misst die überwiegende Anzahl der Veröffentlichungen dem ökologischen Landbau ein geringeres Gefährdungspotential zu.
Der Einfluss des Einsatzes von Fungiziden wurde in der Literatur kontrovers diskutiert und stellt somit keinen eindeutigen Pluspunkt für den konventionellen Getreidebau dar. Aufgrund weitgehend gleicher Lagerbedingungen, kann es sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau gleichermaßen zu einer Toxinkontamination während der Lagerung kommen. In Tabelle 1 sind die im Ergebnissteil besprochenen Einflussgrößen Umweltfaktoren, ackerbauliche Maßnahmen sowie Lagerung basiert auf der Literaturlage in Form eines Risikoprofils vergleichend für die konventionelle und ökologische Wirtschaftweise einander gegenübergestellt und in Bezug auf ihre Bedeutung bewertet.

Tab. 1: Bewertung der Einflussgrößen auf das Risiko einer Mykotoxinkontamination von Getreide aus ökologischer und konventioneller Erzeugung

Faktor	**konventionelle Landwirtschaft**	**ökologische Landwirtschaft**	**Bedeutung**
Umweltfaktoren	0	0	*****
Sortenwahl	-	+	****
Vorfrucht	-	+	****
Bodenbearbeitung	-	+	***
Anbauintensität	-	+	***
Fungizideinsatz	(+)	-	****
Biologischer Pflanzenschutz	0	0	*
Untersaaten	+	-	*
Begleitflora	+	-	*
Lagerung	0	0	****

Fazit: Ausgehend vom dargestellten literaturbasierten Risikoprofil (Tab.1) ist die Gefahr einer Fusariumtoxin-Kontamination im ökologischen Getreidebau geringer als im konventionellem Anbau einzustufen. Durch die ökologische Wirtschaftsweise werden präventive Maßnahmen zur Verhinderung einer Mykotoxinkontamination durch Feldpilze umgesetzt. Wogegen die konventionelle Landwirtschaft infolge des Anbausystems die Entwicklung der Fusarien eher ermöglicht. Die Ergebnisse von Monitoringstudien der letzten Jahre bestätigen diesen Trend, wonach in ökologischen Getreideproben weniger häufig und oftmals in geringeren Konzentrationen Fusariumtoxine nachgewiesen wurden als in Proben aus konventioneller Erzeugung. Aufgrund einer zu geringen Datenlage muss diese Aussage jedoch durch weitere Datenaufnahmen erst noch bestätigt werden. Trotz einer geringeren Risikosituation sind auch im ökologischen Landbau hohe Toxingehalte im Getreide möglich und auch in Einzelfällen nachgewiesen worden.

Literatur

Eberle, M., Loges, R., Taube, F. (2007): Vergleichende Analyse der Mykotoxinproblematik im konventionellen und ökologischen Getreidebau. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Züchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 32–33 (2007)

Untersuchungen zur Auswirkung der Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln im Feld auf die Lagerung von Kartoffelknollen

Britta Kowalski, Kai Nora Wedell* & Detloff Köppen

Einleitung

Neben unsachgemäßer Lagerung können insbesondere physiologisch bedingte Masseverluste und Fäulen das Endergebnis im Kartoffelanbau erheblich mindern. Mit der Einführung von ökologischen und integrierten Methoden ist das Interesse am Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln gewachsen und zahlreiche kommerzielle Pflanzenstärkungsmittel werden angeboten. Es ist daher notwendig festzustellen, ob Pflanzenstärkungsmittel über die Ernte hinaus auch Einfluss auf Lagereigenschaften von Kartoffelknollen haben, um vor allem negative Effekte zu vermeiden.

Material und Methoden

Von 2003 bis 2005 wurde am Institut für Landnutzung der Universität Rostock ein Parzellenversuchsprogramm durchgeführt, bei dem ein Pflanzenstärkungsmittel auf der Basis von löslichem Chitosan (ChitoPlant) mit zehn Anwendungen (zu Pflanzknolle und/oder Blatt, unterschiedliche Konzentrationen in der Spritzlösung, Anzahl der Anwendungen) sowie Produkte auf Basis von Pflanzenextrakten (FungEnd, Kendal, Megafol und Potavit) eingesetzt wurden (Kowalski et al. 2005, 2006) um deren Einfluss auf Pflanzengesundheit und Ertragsmerkmale zu untersuchen. Während der Lagerperiode wurden die Parameter Masseverlust und das Auftreten von Fäulen untersucht, sowie in der nachfolgenden Vegetationsperiode die Nachbauerträge erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahresvergleich waren die Gesamtmasseverluste 2004 mit 18,4 % bei der Kontrolle und 15,4 – 19,1 % bei den zehn mit löslichem Chitosan behandelten Varianten wesentlich höher als 2003 (9,2 % Kontrolle; 10,1-15,0 Chitosan) und 2005 (12,9 % Kontrolle; 9,6-12,7 Chitosan). Verluste durch Fäulen (Knollennaßfäule, *Fusarium*-Trockenfäule) lagen zwischen 3,5 und 11,0 %.

Obwohl bei Chitosan zu cv. Adretta über drei Versuchsjahre eine deutliche Wirkung des Anwendungsmodus auf die Pflanzengesundheit sichtbar wurde (Kowalski et al. 2006) konnte kein wiederholbarer Einfluss auf die untersuchten Lagerparameter festgestellt werden, deshalb bestand keine Korrelation zwischen den Gesamtmasseverlusten bzw. Fäulnis der einzelnen Versuchsjahre (Tab. 1). Beim Nachbau der behandelten Varianten wurden gegenüber der unbehandelten Kontrolle keine signifikanten Ertragsunterschiede gefunden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass keine negativen Tendenzen durch die Anwendung der untersuchten Pflanzenstärkungsmittel im Feldbestand nachweisbar waren. Jedoch zeigt der Fakt, dass im Versuchsjahr 2005 keine Korrelationen bei den Lagerparametern der Sorten auftraten (Tab. 2), sowie das Ergebnis der Faktoranalyse der Masseverluste, dass die Möglichkeit von sortenspezifischen Effekten der untersuchten Pflanzenstärkungsmittel (Abb. 1) nicht ausgeschlossen werden kann, obwohl Unterschiede sich statistisch nicht absichern ließen.

Universität Rostock, Institut für Landnutzung, FG Acker- und Pflanzenbau
* Georg-August Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften

Tab. 1: Korrelationen zwischen Masseverlusten und Lagerfäulen der Versuchsjahre 2003-2005 bei zehn Chitosanbehandlungsvarianten der Sorte Adretta

Parameter Lagereigenschaften	Masseverlust		Lagerfäulen		
	2004	2005	2003	2004	2005
Masseverlust 2003	0.05 n.s.	0.04 n.s.	0.25 n.s.	-0.59 n.s.	-0.33 n.s.
Masseverlust 2004		0.11 n.s.	-0.29 n.s.	0.53 n.s.	-0.23 n.s.
Masseverlust 2005			0.37 n.s.	-0.27n.s.	0.09 n.s.
Lagerfäulen 2003				-0.41 n.s.	-0.31 n.s.
Lagerfäulen 2004					0.38 n.s.

Tab. 2: Korrelationen zwischen Masseverlusten und Lagerfäulen bei drei Chitosanbehandlungsvarianten sowie vier Pflanzenextrakten

Parameter Lagereigenschaften	Masseverlust		Lagerfäulen		
	Alegria	Meridian	Adretta	Alegria	Meridian
Masseverlust Adretta	-0.06 n.s.	0.16 n.s.	0.00 n.s.	-0.02 n.s.	0.41 n.s
Masseverlust Alegria		0.17 n.s.	-0.54 n.s.	0.29 n.s.	-0.34 n.s.
Masseverlust Meridian			0.12 n.s.	0.40 n.s.	-0.34 n.s.
Lagerfäulen Adretta				0.62 n.s.	0.02 n.s.
Lagerfäulen Alegria					0.13 n.s.

n.s. Die Korrelation nach Pearson ist nicht signifikant

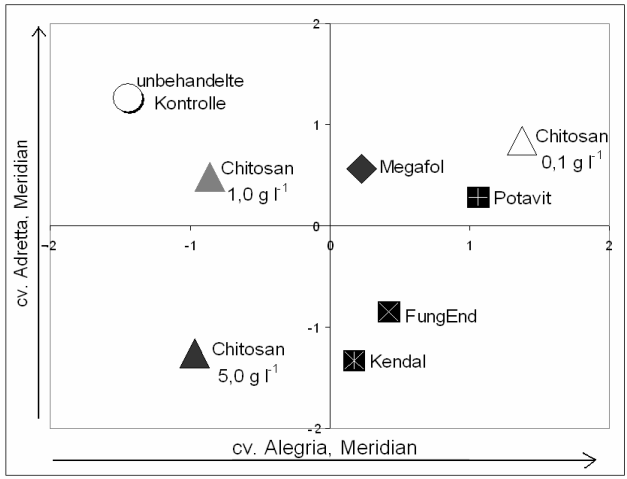


Abb. 1: Faktoranalyse des Masseverlustes 2005 bei drei Chitosanbehandlungsvarianten (kombinierte Anwendung Pflanzgut + Blatt) und vier Pflanzenextrakten

Literatur

Kowalski, B., F. Jimenez Terry, I., D. Agramonte Penalver, C. Unger, D. Köppen, 2005. Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln und Elicitoren auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, S. 351- 352

Kowalski, B., Köppen, D., Jimenez Terry, F., Agramonte Peñalver, D., 2006. Wirkung verschiedener Pflanzenstärkungsmittel auf Ertrag und Pflanzengesundheit bei Kartoffeln im ökologischen und integrierten Anbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 3360–261

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 34–35 (2007)

Primäre Dormanz in reifenden Rapssamen

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Dormanz gilt als wichtige Ursache für die Überdauerung von Rapssamen im Boden und das Auftreten von Durchwuchsraps in Folgekulturen. Während reife Unkrautsamen vorwiegend primäre Dormanz (Keimruhe während der Samenreife auf der Mutterpflanze) aufweisen, liegt in Rapssamen zum Zeitpunkt der Ernte nur wenig oder keine primäre Dormanz mehr vor (Schlink, 1993; Gruber et al. 2004). Der überwiegende Anteil von Dormanz bei Raps wird erst später im Boden unter Trockenstress und Dunkelheit induziert (sekundäre Dormanz). In Labor- und Feldversuchen wurde gezeigt, dass im aktuellen Rapssortiment Genotypen mit sehr unterschiedlicher Neigung zur sekundären Dormanz vertreten sind (Pekrun et al. 1997; Gruber et al. 2004). Rapssorten mit hoher sekundärer Dormanz wiesen zur Ernte noch Anteile primärer Dormanz von bis zu 15 % auf. Die vorliegende Studie sollte prüfen, ob sich das sortentypische Ausmaß an primärer Dormanz als Indikator für eine frühzeitige Einschätzung der sekundären Dormanz und damit des Potenzials für den Aufbau eines Bodensamenvorrats nutzen lässt. Dazu wurden bei einer hoch und einer gering dormanten Winterrapssorte in regelmäßigen Abständen Zeiternten vorgenommen und anschließend die Dormanz der Samen untersucht.

Material und Methoden

Zwei Winterrapssorten (Express, gering dormant; Smart, hoch dormant) wurden auf Versuchsflächen der Universität Hohenheim praxisgemäß angebaut. Zu Beginn der Blüte wurden bei 250 Einzelpflanzen je Sorte die untersten 5 Blüten des Haupttriebes markiert, um das genaue Alter der sich entwickelnden Samen bestimmen zu können. Die Ernte der Schoten von Hand begann 6 Wochen nach der Blüte und setzte sich in wöchentlichen Abständen bis zur physiologischen Samenreife fort. Zur Bestimmung der Keimfähigkeit und der primären Dormanz wurden 400 Samen je Sorte und Erntetermin über 14 Tage einem Keimtest im Dunkeln bei 20°C mit anschließender Wechseltemperaturbehandlung (3°/30°C; Dunkelheit/Licht; 12/12 h) zur Brechung noch vorhandener, primärer Dormanz unterzogen. Die Bestimmung des Reifezustandes der Samen erfolgte über den gravimetrischen Wassergehalt von Samen aus 20 Schoten je Erntetermin. Alle an einem Termin untersuchten Samen stammten von an verschiedenen Pflanzen geernteten und zufällig ausgewählten Schoten. Nach der Ernte des gesamten Bestandes mit dem Mähdrescher erfolgten mit diesem Erntegut ein Keimtest und eine Dormanzinduktion nach der Methode von Gruber et al. (2004). Als keimfähig galten jene Samen, die innerhalb von 14 Tagen bei 20°C keimten; die als lebensfähig bezeichneten Samen waren die Summe der keimfähigen Samen und der nach der Dormanzbrechung gekeimten Samen.

Ergebnisse und Diskussion

Sechs Wochen nach der Blüte wies die Sorte Smart rund 90 % primär dormante Samen auf, die Sorte Express dagegen nur rund 8 % (Abb. 1). Die primäre Dormanz sank innerhalb der nächsten 4 Wochen bei beiden Sorten, so dass zur Samenreife bei Smart 13 % und bei Express keine primäre Dormanz mehr vorlag. Die potenzielle

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart, grubersf@uni-hohenheim.de

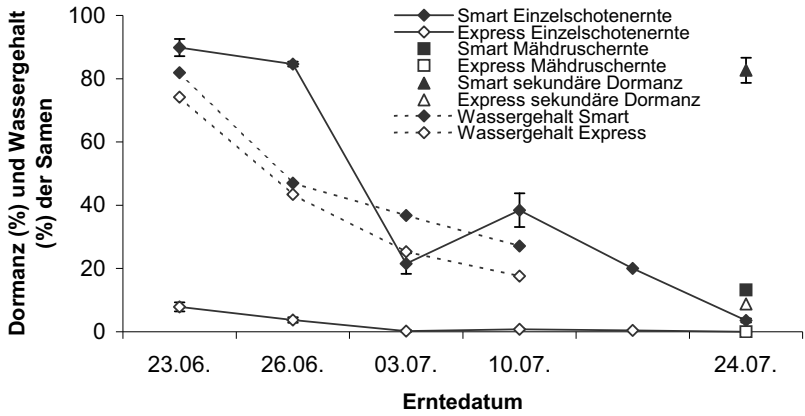


Abb. 1. Primäre Dormanz (Einzelschotenernte, Mähdruschernte), sekundäre Dormanz und Wassergehalt von zwei Winterrapssorten während der Samenentwicklung; Fehlerbalken: Standardabweichung

sekundäre Dormanz lag zu diesem Zeitpunkt bei 83 % bei Smart und 9 % bei Express. Im reifen Saatgut, das zeitgleich mit dem Mähdrescher geerntet wurde, war die primäre Dormanz in beiden Sorten etwas höher, vermutlich wegen unterschiedlicher Abreifegrade der Schoten aller Triebe einer Pflanze. Da der Wassergehalt der Samen, der als Indikator für den Reifegrad der Samen diente, bei beiden Sorten sehr ähnlich war, ist die Hypothese bestätigt, dass die unterschiedliche Ausprägung primärer und sekundärer Dormanz auf genotypische Effekte und nicht auf unterschiedliche Abreifegrade der Sorten zurück geht (Gruber et al. 2004). Die Lebensfähigkeit der Samen beider Sorten war annähernd gleich hoch und lag zwischen 90 % und 100 % (Daten nicht gezeigt).

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist es möglich, zumindest Genotypen mit sehr hoher und sehr niedriger Dormanz frühzeitig und einfach zu identifizieren. Diese Eigenschaft ließe sich beim Screening auf gering dormante Sorten nutzen. Darüber hinaus ließe sich das Potenzial für den Aufbau eines Bodensamenvorrats frühzeitig abschätzen, um weitere pflanzenbauliche Maßnahmen zur Minimierung des Bodensamenvorrats, vor allem durch geeignete Bodenbearbeitung, einzuleiten.

Literatur

Schlink, S., 1993. Primäre Dormanz bei Körnerrapssorten. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 6, 153-156.

Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W. (2004): Seed persistence of oilseed rape: variation in transgenic and conventionally bred cultivars. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 142, 29–40.

Pekrun, C., Potter, T.C., Lutman, P.J.W., 1997. Genotypic variation in the development of secondary dormancy in oilseed rape and its impact on the persistence of volunteer rape. Proceedings of the 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 17–20 November, Brighton, United Kingdom, 243–248.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 36–37 (2007)

Untersuchungen zum Fraß von Ackerunkrautsamen

Daniel Daedlow, Lisa Dittmann* & Friederike de Mol

Einleitung

Samenprädation spielt eine entscheidende Rolle bei der Regulierung der Populationsdynamik von Ackerunkräutern. Stabile, einschätzbare Samenprädation eröffnet die Möglichkeit, Herbizidanwendung auf beispielsweise ungünstige Witterungsverhältnisse oder Problemunkräuter zu beschränken. Biotopabhängig treten z.B. Vögel, kleinere Säuger bzw. Insekten als Samenvernichter auf. Saumbiotope scheinen als Refugialterritorien zur Förderung und Stabilisierung der Samenprädation geeignet zu sein. In dieser Arbeit wurde neben den Anteilen durch Vertebraten und Invertebraten und dem generellen Niveau der Samenprädation untersucht, inwieweit eine Blühfläche bzw. ein Gehölz diese beeinflusst. Räumliche und zeitliche Entwicklung wurden visualisiert.

Material und Methoden

Ausgehend von einer angesäten Blühfläche und 4m breitem Kleegrasstreifen (BF/KG) bzw. einem Gehölz (GH) wurden mit Samenkarten nach WESTERMAN et al. (2003) je neun Transekte mit je 10 bzw. 8 Messstellen lotrecht in einen ökologisch bewirtschafteten Sommerweizenschlag (SW) gelegt (Abb.1). Im Zentrum, 150 m vom Schlagrand entfernt, befand sich eine weitere Messstelle. Als Versuchssamen wurden Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense L.*) sowie Ackervergissmeinnicht (*Myosotis arvensis (L.) Hill*) genutzt. Um eine differenzierte Betrachtung der Samenprädation durch Vertebraten und Invertebraten zu ermöglichen, wurden die Samenkarten jeweils unter Drahtkorb (Maschenweite: 12 mm) und ohne Drahtkorb platziert. Alle zwei Tage wurden die noch verbliebenen Samen gezählt und der Anteil der gefressenen Samen ermittelt. Neben einer statistischen Auswertung wurde die Gesamtsamenprädation durch Interpolation (PAST, Gridding) zwischen den Messstellen flächenhaft als Zeitfolge veranschaulicht (Abb.1).

Ergebnisse und Diskussion

Die auf Samenprädation zurückzuführenden Verluste betrugen im Sommerweizen nach einer Exposition von 4 Tagen 40-51% (95%-Konfidenzintervall) und nach 10 Tagen 87-93%. Falls diese Raten auf die Gesamtheit der ausfallenden Samen übertragen werden, wäre der für eine Regulierung der Populationsdynamik nötige Bereich von 50% (FIRBANK & WATKINSON, 1986) nach 4 Tagen erreicht. *M. arvensis* und *T. arvense* wurden sowohl von der Gruppe der Vertebraten, als auch von der der Invertebraten mit derselben Präferenz aufgenommen, obwohl sich die Samen in Oberflächenstruktur und Größe erheblich unterscheiden.

Der Hauptanteil an der Samenprädation im Sommerweizen konnte mit 80-88% auf Invertebraten zurückgeführt werden. Im Gegensatz zu anderen Studien (u.a. WESTERMAN et al. 2003) konnte Vertebraten mit 3-9% nur ein geringer Anteil an

Universität Rostock, Inst. für Landnutzung, Phytomedizin
Satower Str. 48 18059 Rostock, daniel.daedlow@uni-rostock.de, friederike.de-mol@uni-rostock.de
* Universität Rostock, Inst. für Management ländlicher Räume, Geodäsie und Geoinformatik
Justus v. Liebig Weg 6 18055 Rostock, lisa.dittmann@uni-rostock.de

der Samenprädation zugeschrieben werden, allerdings war dieser in der Blühfläche (14-38%) etwas erhöht.

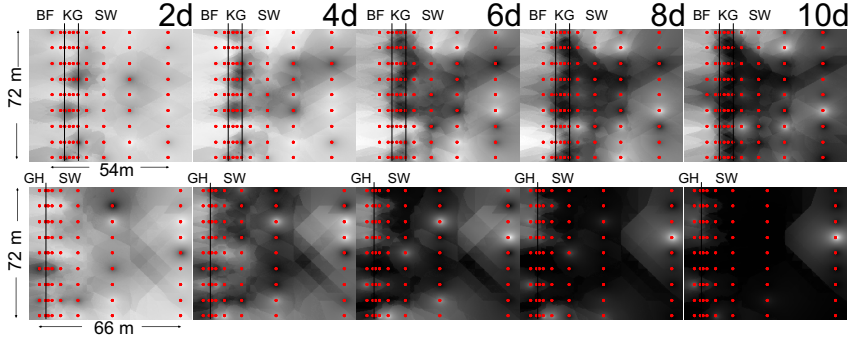


Abb.1: Flächenhafte Ausbreitung der Samenprädation als Zeitfolge:
Acker neben Blühfläche (oben) bzw. Gehölz (unten)
Helle Töne stellen eine niedrige, dunkle eine hohe Samenprädation dar
BF: Blühfläche; KG: Kleegras; SW: Sommerweizen; GH: Gehölz; d: Tage

Habitatabhängig wurde in der Blühfläche 38-63% und im benachbarten Sommerweizen 76-87% Samenprädation festgestellt und so das von SASKA et al. 2006 beobachtete niedrigere Niveau der Samenprädation in Saumstrukturen bestätigt. Das zwischen Blühfläche und SW liegende Kleegras (91-99%) und die Position im Zentrum des Schlages (100%) wiesen maximale Fraßraten auf.

Das niedrigere Niveau in der Blühfläche könnte durch das dort reichlich vorhandene Nahrungsangebot und die damit verbundene relative Unattraktivität der dargebotenen Samen erklärt werden. Umgekehrt ist damit ebenfalls eine Erklärung für die maximalen Raten im Zentrum des Schlages gefunden. Die hohen Raten im Kleegras bestätigen die Ergebnisse von GALLANDT et al. 2005 und sind auch durch den Übergang erklärbar.

Die mit SPSS, Tukey analysierten homogenen Untergruppen sind nahezu mit den Habitaten deckungsgleich (α=0,05).

Abb.1 oben zeigt ein von etwa 6 Messstellen ausgehendes Ausbreitungsmuster, das jedoch keinem von der Blühfläche ausgehendem Gradienten folgt. Vom Gehölz ausgehend (Abb.1 unten) ist bei allgemein höherem Niveau der Samenprädation ebenfalls kein Gradient erkennbar. Die Höhe der Samenprädation scheint in erster Linie habitatabhängig zu sein und nur indirekt durch räumliche Nähe zu Refugialterritorien beeinflusst.

Literatur

FIRBANK, L.G. & WATKINSON, A.R. 1986: Modelling the population dynamic of an arable weed and its effects upon crop yield. J. Appl. Ecol. 23: 147-159

GALLANDT, E.R., MOLLOY, T., LYNCH, R.P., DRUMMOND, F.A. 2005: Effect of cover-cropping systems on invertebrate seed predation. Weed Sci. 53, 69-76

PAST (Version 1.71): http://folk.uio.no/ohammer/past (10.07.2007)

SASKA, P., WESTERMAN, P., VAN DER WERF, W. 2006: Spatial and temporal variation in carabid seed predation. Landsc. man. f. funct. Biod. IOBC wprs Bulletin Vol. 29 (6) 2006, 117-120

WESTERMAN, P.R., HOFMAN, A., VET, L.E.M. & VAN DER WERF, W. 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigaic weed seed predation in organic cereal fields. Agr. Ecosys. Environ. 95, 417-425

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 38–39 (2007)

Versuche zur Eignung von Mikroorganismen als Rottebeschleuniger bei Unkrautsamen

Gerhard Einhorn & Jonas Brandau

Einleitung

Im aeroben Bereich des Ackerbodens und im Mulch findet ein spürbarer Abbau der Unkraut- und Ausfallsamen statt, hervorgerufen durch Wirbeltiere, Insekten und Mikroorganismen (MO). Der Gedanke liegt nahe, durch die Zugabe konzentrierter MO-Substrate die Samenzersetzung in diesen Bodenbereichen zu beschleunigen. Um die dazu geeigneten MO zu finden, müssen geeignete Labormethoden entwickelt werden. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Wirkungen von MO auf die Samenschalen von *Brassica napus* und *Chenopodium album*.

Material und Methoden

Geprüft wurden sechs bodenbürtige *Streptomyces*-Stämme und ein Pilz, von denen bekannt war, dass sie Ligninasen und Cellulasen produzieren. Im Versuch A (Flüssigmedium, 4 Wiederholungen) sollte die Enzymproduktion der MO durch die Nutzung eines Minimalnährmediums angeregt und sukzessiv die Rapssamen und -Samenschalen bzw. die Samen von *Chenopodium album* (CHEAL) abgebaut werden. Im Versuch B (natürlicher Boden, 2 Wiederholungen) sollten sich die MO von Minimalnährmedium und gehäckseltem Stroh ernähren und parallel dazu die Rapssamenschalen abbauen.

Die Prüfvarianten: 1 -Kontrolle, 2 bis 7 -Streptomyces-Stämme, 8 -*Phanerochaete chrysosporium* (Weißfäulepilz), 9 bis 12 -Mischungen aus zwei bzw. drei MO-Stämmen. Kriterien der MO-Wirkungen waren der Gewichtsverlust der Samen und Samenschalen sowie die Ligninaseaktivität. Letztere wurde durch die enzymatische Entfärbung des Farbstoffes Remazol Brillant Blue R fotometrisch bestimmt (Moreira et al., 2001). Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) sollten bei ausgewählten Varianten Strukturveränderungen der Samenwand sichtbar machen.

Ergebnisse und Diskussion

Um die Samenkeimung zu verhindern und über eine lange Zeit sterile Verhältnisse zu sichern, wurden die Samen und Samenschalen mit γ-Strahlen behandelt. Dies verhinderte jedoch nicht ihr Quellen und Platzen in der Flüssigkultur, wodurch die MO das Sameninnere als Nahrung nutzten und demzufolge die ermittelten Gewichtsverluste keine Aussagen zu den Abbauleistungen erlaubten. Anders war es bei den Gewichtsverlusten in den Varianten mit Rapssamenschalen. Hier kam es zu signifikanten Unterschieden (Abb. 1), wobei ein Streptomycet (Var. 4) die besten Ergebnisse erreichte, gefolgt von einem Gemisch aus zwei Streptomyceten und dem Weißfäulepilz (Var. 12). Die relativ starken Gewichtsverluste in der unbehandelten Kontrolle sowie die geringen bzw. fehlenden Unterschiede zwischen ihr und einigen Behandlungsvarianten sind auf Fremdinfektionen beim Schütteln unter Luftzufuhr zurückzuführen, die trotz Luftfilterung nicht zu verhindern waren. Signifikant höhere Abbauleistungen an den Samenschalen erreichten die MO im nicht sterilen Boden

Humboldt-Universität Berlin, Inst. f. Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- u. Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

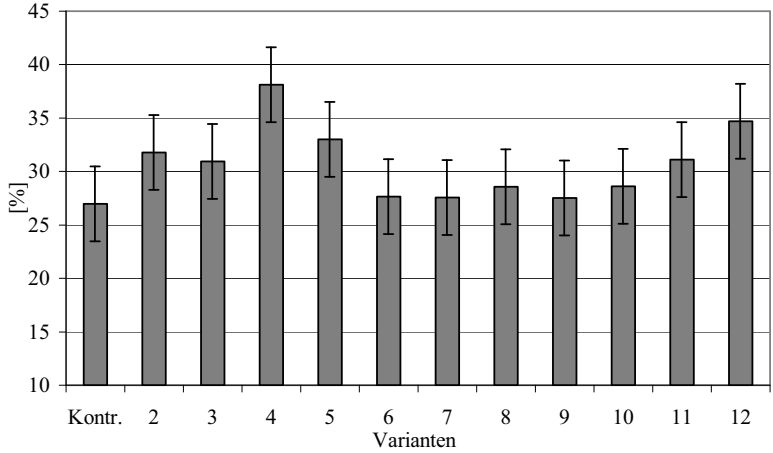


Abb. 1: Versuch A: Prozentuale Gewichtsverluste der Rapssamenschalen durch die Einwirkung von Mikroorganismen im flüssigen Medium (α = 0,05).

(Versuch B), wo ebenfalls ein Streptomycet am effektivsten war, jedoch die Unterschiede zwischen Behandelt und Unbehandelt noch undeutlicher ausfielen. Mit dem REM waren geringe Veränderungen an den Außenschichten der Samen sichtbar.
Als Schlussfolgerung bezüglich der Versuchsmethodik kann festgestellt werden, dass die Sterilität der Versuchsanordnung gesichert sein muss, dass Samen als Testobjekte untauglich sind und folglich Samenschalen bzw. deren Abriebe verwendet werden sollten, und dass die Enzymaktivität als Maß für die MO-Wirkung geeignet ist. In künftigen Arbeiten sollten weitere wirksame Boden-MO in Screenings selektiert werden. Ihre praktische Anwendung könnte geeignet sein, als langfristige Strategie in Form der Rotteförderung im aeroben Bodenbereich das Bodensamenpotenzial nachhaltig zu mindern und die Anzahl auflaufender Unkrautpflanzen zu senken. Eigene Folgeversuche zeigten Wirkungen applizierter MO gegenüber Samen, die zumindest einige Monate im Boden lagen und wahrscheinlich bereits angegriffene Samenwände hatten, jedoch nicht gegenüber trocken gelagerten. Wirkungsunterschiede sind sowohl zwischen den Samen von dikotylen und monokotylen Pflanzenarten als auch zwischen Arten innerhalb dieser beiden Pflanzenklassen zu erwarten.

Danksagung: Die Verfasser danken den Herren Drs. S. Wirth und A. Ulrich, ZALF Münchberg, für die Bereitstellung von Streptomyces-Stämmen, Herrn Dr. F. Ehrig, BfZ Aschersleben, für die REM-Arbeiten und Herrn Prof. Dr. M. Hofrichter, IHI Zittau, für die fachlichen Hinweise.

Literatur

Moreira, P.M.; E. Almeida-Vara; G. Sena-Martins; I. Polonia; F.X. Malcata und J.C. Duarte 2001: Decolourisation of Remazol Brillant Blue R via a novel *Bjerkandera* sp. strain. J. Biotechnology 89: 107-111.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 40–41 (2007)

Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Ertrag und Unkrautaufkommen

Sabine Gruber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Reduzierte Bodenbearbeitung ist ein Verfahren, das im konventionellen Landbau bereits seit längerer Zeit eingeführt und weltweit verbreitet ist (Derpsch 2005). Wegen des verringerten Eingriffs in den Boden ergeben sich ökologisch gewünschte Effekte, wie zum Beispiel die Zunahme des Bodenlebens und der organischen Substanz sowie der Schutz des Bodens vor Erosion durch eine Mulchauflage. Eine sonst durch wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug erzeugte, starke Bodenlockerung wird vermieden, wodurch sich die Tragfähigkeit der Böden erhöht. Im Ökologischen Landbau steht der Einführung dieser Verfahren oft die Befürchtung entgegen, die Erträge könnten sinken und der Unkrautdruck, vor allem durch perennierende Arten, zunehmen. In einem mehrjährigen Versuch auf der Versuchsstation Kleinhohenheim (Ökologischer Landbau) sollten über die gesamte Rotation Verfahren unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung und die Entwicklung der Unkrautpopulation mit dem Schwerpunkt Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) geprüft werden. Dabei sollte weiterhin der Frage nachgegangen werden, ob Stoppelbearbeitung unerwünschte Effekte einer reduzierten Grundbodenbearbeitung kompensieren kann.

Material und Methoden

Der Langzeitversuch wurde im Jahr 2000 auf der Versuchsstation Kleinhohenheim der Universität Hohenheim als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Fruchtfolge war Dinkel (2000) – Kartoffeln (2001) – Triticale (2002) – Luzernegras (2003) – Luzernegras (2004) – Winterweizen (2005) – Hafer (2006). Im Jahr 2007 wird mit dem Fruchtfolgeglied Ackerbohnen eine Rotation abgeschlossen sein. Der Versuch ist seit dem Jahr 2005 als Spaltanlage mit dem Großteilstückfaktor Grundbodenbearbeitung und dem Kleinteilstückfaktor Stoppelbearbeitung mit einer Parzellengröße von 10 x 40 m konzipiert (Tab. 1). Der Zweischichtenpflug verbindet eine flache Bodenwendung im oberen Bodenhorizont mit einer tiefen, nicht-wendenden Lockerung, wodurch die natürliche Lagerung des Unterbodens bei der Bearbeitung weitgehend erhalten bleibt. Im Frühjahr erfolgte jährlich eine Unkrautbonitur, ergänzt im Jahr 2005 durch die Erhebung des Bodensamenvorrats. Im Jahr 2006 wurde zusätzlich die Trockenmasse der Disteln bestimmt, um den Druck der Verunkrautung vertieft zu beschreiben.

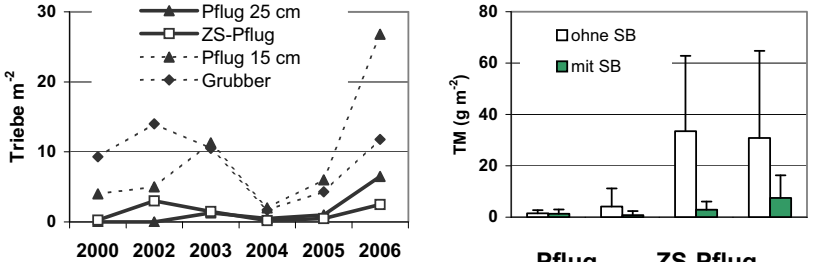
Tab. 1. Varianten der Bodenbearbeitung. +: mit Stoppelbearbeitung, -: ohne Stoppelbearbeitung

	Varianten							
Grundboden-bearbeitung	Pflug tief (25 cm)		Pflug flach (15 cm)		Zweischichten-pflug (15+10 cm)		Grubber (15 cm)	
Stoppel-bearbeitung	+	-	+	-	+	-	+	-

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart, grubersf@uni-hohenheim.de

Ergebnisse und Diskussion

Tiefes Pflügen und Pflügen mit dem Zweischichtenpflug reduzierten den Distelbesatz am effektivsten (Abb. 1). In den Jahren mit Luzernegrasanbau ist ein deutlicher Rückgang der Verunkrautung zu erkennen. Ohne Stoppelbearbeitung war der Besatz mit Disteln bereits im 2. Jahr nach dem Anbau von Luzernegras auf mindestens dem selben Niveau wie zu Beginn des Versuchs im Jahr 2000. Beim flachen Pflugeinsatz



A B

Abb. 1. Distelbesatz über sieben Versuchsjahre ohne Stoppelbearbeitung in Trieben m^{-2} (A), , bzw. in Trockenmasse im Jahr 2006 (B); Balken: s.d.; SB: Stoppelbearbeitung; ZS: Zweischichtenpflug. 2001: keine Erfassung (Kartoffeln)

war im Jahr 2006 im Hafer ein deutlicher Anstieg der Anzahl von Disteltrieben zu verzeichnen. Die Disteltrockenmasse betrug in dieser Variante im Schnitt rund 34 g m^{-2}. Stoppelbearbeitung zusätzlich zur Grundbodenbearbeitung reduzierte die Disteltrockenmasse in den Varianten mit hohem Distelbesatz um 75 bis 90 %. Nur mit Stoppelbearbeitung erreichte in der Grubbervariante der Haferertrag das Niveau der anderen Varianten (Abb. 2). Der Bodensamenvorrat aller Unkräuter lag im Jahr 2005, im ersten Jahr nach dem Luzernegras, zwischen rund 19.000 Samen m^{-2} in der tief gepflügten Variante und 38.000 Samen in der Grubbervariante, die sich signifikant von den anderen Varianten unterschied (Daten nicht gezeigt). Stoppelbearbeitung ist bei Verwendung des Grubbers unverzichtbar; der Zwei-Schichtenpflug war zur Unkrautregulierung geeignet.

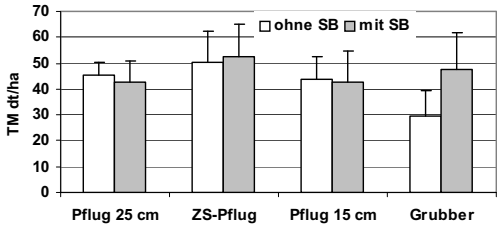


Abb. 2. Haferertrag 2006 nach unterschiedlich intensiver Grundbodenbearbeitung mit oder ohne Stoppelbearbeitung (SB); Balken: s.d.

Literatur

Derpsch, R., 2005. The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: implications and impact. Proc. III World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenia

Danksagung: Vielen Dank an Ilona Weikert, Thomas Ruopp und Oliver Hübner für die intensive Betreuung des Versuchs

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 42–43 (2007)

Herbizide Effekte einer Kainit-Düngung auf definierte Unkrautpopulationen in Winterweizen

Ralf Loges, Robert Häussler & Friedhelm Taube

Einleitung

Auf ökologischen Marktfruchtbetrieben mit geringem Kleegrasanteil in der Fruchtfolge stellt der Besatz mit einjährigen Samenunkräutern ein Problem im Getreideanbau dar. Neben der Vorbeugung, kommen vor allen Dingen mechanische und thermische Verfahren der Beikrautregulierung in Betracht. Aufgrund der Ätzwirkung von staubfein vermahlenem Kainit, stellt der sachgerechte Einsatz dieses im ökolog. Landbau zugelassenen Kalirohsalz-Düngemittels eine weitere Möglichkeit der gezielten Bekämpfung dar (Lukashyk et al. 2004). Die unkrautvernichtende Wirkung des sog. Hederich-Kainits ist schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts entdeckt worden und stellte vor der großflächigen Einführung chemisch-synthetischer Herbizide auf vielen Betrieben ein wichtiges Werkzeug der Unkrautkontrolle dar (Rademacher und Flock, 1952; Roemer und Scheffer, 1959).

Auf Grund der relativ dünnen Literaturlage zu diesem Thema ist derzeit in den Reihen ökologisch wirtschaftender Betriebe ein verstärktes Interesse an Möglichkeiten und Grenzen des Kainit-Einsatzes im Rahmen des Unkrautmanagements entstanden. Im Vordergrund der hier vorgestellten Untersuchung steht das Wirkungsspektrum sowie die Findung optimaler Einsatztermine.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Feldversuch (2006 und 2007) werden auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb Lindhof der Universität Kiel (43 Bp, 8,7°C Jahresdurchschnittstemperatur, 785 mm Durchschnittsjahresniederschlag) die herbiziden Effekte einer terminlich variierten Kainitdüngung auf definierte Unkrautpopulationen in Winterweizen untersucht. Zu diesem Zweck wurden neben Beständen mit natürlichem Beikrautbesatz auch solche behandelt, die durch gezielte Ansaat jeweils verstärkt mit einer der folgenden Arten verunkrautet waren: Kamille, Ackerstiefmütterchen, Winterwicke, Winterraps, Kornblume oder Klatschmohn. Die Ansaat der Unkräuter erfolgte zeitgleich mit der Aussaat des Weizens in der ersten Oktoberwoche. Neben einer unbehandelten Kontrolle wurden alternativ zu EC 29 (2006 am 20. April) und EC 30 (2006 am 15. Mai) jeweils in den frühen Morgenstunden unter den Bedingungen Frühtau mit nachfolgender intensiver Sonneneinstrahlung jeweils 8 dt ha^{-1} staubfein vermahlenen Kainits ausgebracht. In den ersten Juniwochen wurden dann die Deckungsgrade der angesäten bzw. natürlichen Unkrautarten mittels Göttinger Schätzrahmen bestimmt. Auf den Versuchsflächen wurden keine weiteren Unkrautkontrollmaßnahmen durchgeführt.

Sämtliche Versuchsparzellen wurden zur Ernte im Parzellendrusch geerntet um etwaige positive wie negative Ertragswirkungen der Kainitbehandlung festzustellen. Auf den Versuchsflächen lag eine mittlere Kaliversorgung von 18 mg K_20 je 100 gr. trockenen Bodens vor (Versorgungsklasse C). In den Ergebnissen sind signifikante Unterschiede durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Herrmann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel, Email: rloges@email.uni-kiel.de

Ergebnisse und Diskussion

Die Tabellen 1 und 2 zeigen den Einfluss einer unterschiedlich terminierten Applikation von 8 dt ha^{-1} Kainit auf die Deckungsgrade der betrachteten Einzelunkrautarten sowie den Gesamtunkrautdeckungsgrad im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle im bisher ausgewerteten Versuchsjahr 2006. Mit Ausnahme des Klatschmohns führte die Applikation von Kainit zum frühen Termin jeweils zu signifikanten Reduktionen des Unkrautdeckungsgrades der betrachteten Unkrautarten: Kamille, Ackerstiefmütterchen, Winterwicke, Winterraps, Kornblume. Sowie der natürlichen am Standort vorkommenden Unkrautarten. Im Mittel aller Arten zeigte auch die deutlich später Mitte Mai zu EC 30 applizierte Kainitdüngung Herbizidwirkung. In Bezug auf die betrachteten Einzelarten lässt sich allerdings nur bei der Winterwicke ein signifikanter Effekt absichern. Mit Ausnahme der Winterwicke führte in keiner der Versuchsvarianten die Anwendung von Kainit zu Ertragsvor- oder nachteilen. Eine auch den Weizen schädigende Ätzwirkung der recht hohen Kainitapplikationsmenge konnte nicht festgestellt werden. Bei der Winterwicke wurde erst durch die frühe Kainitapplikation per Mähdrusch beerntbare Bestände erzielt.

Tab.1 Deckungsgrade der angesäten Unkrautarten in Abhängigkeit vom Kainitapplikationszeitpunkt in den mit der jeweiligen Art angesäten Parzellen (Versuchsjahr 2006)

Behandlung	Kornblume	Winterwicke	Winterraps	Kamille	Stiefmütterchen	Mohn
nicht behandelt	5,83%^{a}	41,08%^{a}	2,42%^{a}	6,58%^{a}	7,58%^{a}	10,17%^{a}
früh (20. 4)	2,92%^{b}	0,08%^{c}	0,25%^{b}	0,71%^{b}	0,08%^{b}	7,67%^{a}
spät (15. 5)	4,42%^{b}	21,00%^{b}	2,67%^{a}	1,71%^{b}	0,25%^{b}	5,92%^{a}
GD:	2,29%	16,30%	2,05%	5,86%	5,24%	6,60%

Tab. 2: Deckungsgrade der natürlichen Unkrautarten sowie der Summe alle Unkrautarten im Mittel aller Parzellen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Kainitapplikation im Versuchsjahr 2006.

Behandlung	Pers. Ehrenpreis	Hirtentäschel	Vogelmiere	Kletten-labkraut	Gesamtdeckungsgrad aller Arten
nicht behandelt	1,44%^{a}	1,98%^{a}	7,80%^{a}	0,96%^{a}	29,34%^{a}
früh (20. 4)	0,00%^{b}	0,79%^{b}	2,81%^{b}	0,02%^{b}	6,60%^{c}
spät (15. 5)	0,04%^{b}	1,39%^{ab}	5,86%^{ab}	0,17%^{b}	16,49%^{b}
GD:	0,89%	0,86%	4,26%	0,72%	6,17 %

Fazit: Bei ohnehin erforderlicher Kalidüngung kann ein gezielter Einsatz von Kainit einen wertvollen Beitrag zur Unkrautregulierung leisten. Zahlreiche ökologisch wirtschaftende Ackerbaubetriebe in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern griffen 2007 - inspiriert durch die hier vorgestellten Untersuchungen - bei der Kalidüngung zu Kainit, um dessen Herbizidwirkung mit zu nutzen.

Literatur

Lukashyk, P., Berg, B., Köpke, U., 2004: Direkte Kontrolle von Vicia hirsuta (L) in Getreidebeständen des Organischen Landbaus, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIX, 503-510, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Rademacher, B., Flock, A., 1952: Untersuchungen über die Anwendung von Kalkstickstoff und Feinkainit gegen die Ackerunkräuter der Lehm- und Sandböden. In: Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 94, 1-54, Paul Parey, Berlin, Hamburg.

Roemer, T., Scheffer, F., 1959: Lehrbuch des Ackerbaues. 5. Auflage, Paul Parey, Berlin, Hamburg.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 44–45 (2007)

Pflanzenbauliche Auswirkungen einer Untersaat mit Spitzwegerich in ökologisch angebauten Kartoffeln

Rolf Rauber, Simone Liebenau, Erken Friedrichs & Knut Schmidtke*

Einleitung

Auch unter Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus gehören Kartoffeln zu den Feldfrüchten, die große Nmin-Mengen im Boden nach der Ernte zurücklassen können. Es wurde untersucht, inwieweit die mehrjährige Art Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) als Untersaat in ökologisch angebauten Kartoffeln in der Lage ist, die Nmin-Mengen im Boden abzusenken und gleichzeitig Unkräuter zu unterdrücken. Spitzwegerich ist dafür bekannt, dass er rasch ein beachtliches Wurzelsystem ausbildet und große Mengen Stickstoff aus dem Boden aufnimmt (Reiter 2001).

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden am Versuchsgut Reinshof der Universität Göttingen durchgeführt. Ende April 2002 und 2004 wurden die Kartoffeln gepflanzt, Sorte Linda. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mechanisch. Am 5. Juni 2002 und am 18. Mai 2004 wurde Spitzwegerich als Band in die Furchen des Kartoffelbestandes eingesät. Parzellen ohne Untersaat erhielten die Bezeichnung U(-) und mit Untersaat U(+). Die Bekämpfung der Kartoffelkäfer erfolgte mit *Bacillus thuringiensis*. Trotz des Einsatzes eines kupferhaltigen Fungizides trat in beiden Jahren *Phythophthora* stark auf.

Der marktfähige Kartoffelertrag setzte sich aus den Mittelgrößen der Knollen zusammen, 30-65 mm (2002) und 35-65 mm (2004). Die Übergrößen spielten keine Rolle. Zur Ertragserhebung wurden je Prüfglied 60 Kartoffelstauden von Hand geerntet. Die übrige Kartoffelfläche wurde mit einem üblichen Roder abgeerntet, wobei das Scheibensech gewährleistete, dass die Spitzwegerichpflanzen überlebten; allerdings wurden die Spitzwegerichblätter zum Teil abgeschnitten. Nach der Kartoffelernte zeigte der Spitzwegerich einen kräftigen Wiederaustrieb.

Bodenproben zur Nmin-Bestimmung (NO_3-N + NH_4-N) wurden zum Zeitpunkt der Kartoffelernte und im Spätherbst im Bereich der Dämme und der Furchen entnommen (0-120 cm). Am 28. September 2004 (13 Tage nach der Ernte) wurde mit Hilfe der Profilwandmethode in einem Rahmen von 150 cm x 150 cm das Wurzelwachstum erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Der Frischmasseertrag der Kartoffelknollen lag 2002 bei 174 dt ha^{-1} (U-) und 162 dt ha^{-1} (U+) und 2004 bei 278 dt ha^{-1} (U-) und 259 dt ha^{-1} (U+). Die Unterschiede zwischen den U(-) und U(+) Parzellen waren in beiden Jahren nicht signifikant (α = 0,05). In beiden Versuchsjahren war der Anteil Untergrößen in den U(+) Parzellen größer als in den U(-) Parzellen. Deshalb war der marktfähige Knollenertrag in den U(+) Parzellen im Jahr 2002 um etwa 15 % und im Jahr 2004 um etwa 11 % niedriger als in den U(-) Parzellen. Im Jahr 2002 war dieser Unterschied signifikant, im Jahr 2004 nicht (α = 0,05). Die Wahl einer Kartoffelsorte, die zu größeren Knollen

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen
* Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau/Landespflege, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

neigt als Linda, könnte eine Maßnahme sein, untersaatbedingte Untergrößen zu vermeiden (vgl. McKinlay 1985).

Im Jahr 2004 war zum Zeitpunkt der Kartoffelernte der Aufwuchs des Spitzwegerichs mit 24 dt TM ha^{-1} deutlich größer als im Jahr 2002 (13 dt TM ha^{-1}). Die Unkräuter wurden zu diesem Zeitpunkt in den Untersaatparzellen im Jahr 2002 von 17 dt TM ha^{-1} (U-) auf 7 dt TM ha^{-1} (U+) signifikant (um 59 %) zurückgedrängt. Im Jahr 2004 war die Zurückdrängung der Unkräuter mit 70 % noch größer (23 dt TM ha^{-1} in U- und 7 dt TM ha^{-1} in U+).

Zum Zeitpunkt der Kartoffelernte betrug die Stickstoffmenge im Spitzwegerich-Spross 24 kg N ha^{-1} im Jahr 2002 und 38 kg N ha^{-1} im Jahr 2004. Im Jahr 2002 nahmen die Unkräuter zu diesem Zeitpunkt 29 kg N ha^{-1} in den U(-) Parzellen und 9 kg N ha^{-1} in den U(+) Parzellen auf. Im Jahr 2004 betrugen diese Werte 62 kg N ha^{-1} (U-) und 11 kg N ha^{-1} (U+). Im Mittel der beiden Versuchsjahre wurden zusammen von Spitzwegerich und Unkräutern in den U(-) Parzellen etwa 46 kg N ha^{-1} und in den U(+) Parzellen 41 kg N ha^{-1} aufgenommen.

Tab. 1: Nmin im Boden (0-120 cm) zum Zeitpunkt der Kartoffelernte (Aug./Sep.) und im Spätherbst, U(-) ohne und U(+) mit Spitzwegerich-Untersaat. Unterschiede zwischen den U(-) und U(+) Parzellen sind signifikant bei * α = 0,05, ** α = 0,01; n.s. nicht signifikant bei α = 0,05. Keine Bodenbearbeitung nach der Kartoffelernte.

		U(-)	U(+)			U(-)	U(+)	
	Datum 2002	Nmin (kg N ha^{-1})			Datum 2004	Nmin (kg N ha^{-1})		
Damm	29. August	61,8	66,4	n.s.	16. September	48,6	19,8	*
Furche		62,9	22,8	**		31,6	10,3	*
Damm	11. Oktober	86,7	56,5	*	8. Dezember	52,8	27,2	**
Furche		79,4	23,1	**		45,0	15,7	**

In sieben von acht Fällen war die Nmin-Menge im Boden in den U(+) Parzellen signifikant kleiner als in den U(-) Parzellen (Tab. 1). Die Reduktion der Nmin-Mengen in den Untersaat-Parzellen war in den Furchen etwas größer als in den Dämmen. In den Furchen wurden die Nmin-Mengen im Mittel um 67 % reduziert. In absoluten Zahlen betrug der Nmin-Rückgang in den U(+) Parzellen, verglichen mit den U(-) Parzellen, im Mittel der Versuchsjahre 21 kg ha^{-1} (Zeitpunkt der Kartoffelernte) und 35 kg N ha^{-1} (Spätherbst).

Im September 2004 betrug die maximale Wurzeltiefe in den U(-) Parzellen 90 cm, in den U(+) Parzellen 120 cm. Die Wurzellängen schwankten zwischen 2,21 km m^{-2} (U-) und 6,37 km m^{-2} (U+).

Die Absenkung der Nmin-Werte bei U(+) kann nicht mit einer erhöhten Stickstoffaufnahme der Pflanzen (Kartoffeln, Spitzwegerich, Unkräuter) in diesen Parzellen begründet werden. Auch die Unterschiede im Wurzelwachstum zwischen U(-) und U(+) reichen dazu nicht aus. Die Erklärung bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Literatur

McKinlay, R.G. 1985: Effect of undersowing potatoes with grass on potato aphid numbers. Annals of Applied Biology: 106, 23-29.

Reiter, K. 2001: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die N_2-Fixierungsleistung von Erbse und Rotklee, ermittelt mit Hilfe einer großflächigen ^{15}N-Spurenanreicherung. Diss. Universität Göttingen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 46–47 (2007)

Ergebnisse dreijähriger Versuche mit Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.) im Rheintal

Kerstin Stolzenburg

Einleitung

Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.) ist eine wärmeliebende Kurztagspflanze, die über einen C_4- Photosynthesemechanismus verfügt. Aufgrund der hohen Jahresdurchschnittstemperatur, der leicht erwärmbaren Böden und der häufig zu beobachtenden Sommertrockenheit verfügt das Oberrheintal über günstige Standortvoraussetzungen für den Hirseanbau. Am LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim wurde deshalb zwischen 2004 und 2006 erstmals ein Sortenversuch mit Rispenhirse angelegt, der hier auszugsweise vorgestellt werden soll.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort liegt in der Oberrheinebene ca. 117 m über NN, der Bodentyp ist eine Parabraunerde mit stark wechselnden Bodenverhältnissen, die Bodenart lehmiger Sand mit 24-32 Bodenpunkten. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im langjährigen Mittel bei 10,1° C, die Niederschlagsverteilung bei 742 mm/a bzw. 413 mm während der Vegetationszeit (März-September).
Geprüft wurden 14 Sorten aus vier Herkunftsländern. Die Aussaat erfolgte Anfang Mai mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine der Firma Monosem. Die Reihenweite betrug 0,25 m, die Ablagetiefe 2 cm. Die Aussaatmenge lag bei 250 Körnern/m² bzw. 15 bis 20 kg/ha. Gedüngt wurden 80 kg N/ha abzgl. N_{min} als KAS in zwei Teilgaben, zur Saat und vor Bestandesschluss.

Ergebnisse und Diskussion

Der Feldaufgang erfolgte in Forchheim sortenspezifisch nach 5 bis 7 Tagen. Bis zu einer Wuchshöhe von ca. 25 cm verlief die Jugendentwicklung zögerlich. Die Regulierung von Beikräutern erwies sich in diesem Stadium als entscheidend für die Bestandesetablierung. Herbizide sind für den Hirseanbau nicht zugelassen. Eine zweimalige Maschinenhacke mit Gänsefußscharen ab dem 5-Blatt-Stadium der Rispenhirse hat sich jedoch gut bewährt.
Da die Abreife der Hirsekörner ungleichmäßig erfolgte, stellte die Bestimmung des Erntezeitpunktes einen Kompromiss dar. Je kompakter der Rispentyp, desto gleichmäßiger verlief die Abreife im Bestand. Problematisch war der extreme Vogelfraß im Stadium der Kornreife zu sehen. Im ersten Anbaujahr konnte diesem durch eine großzügig angelegte Praxisfläche, in die der Versuch eingebettet war, begegnet werden. Vogelschutznetze stellten hingegen ab dem zweiten Anbaujahr keinen ausreichenden Schutz dar, so dass Ernteausfälle bis zu 50 % gegenüber dem ersten Versuchsjahr zu verzeichnen waren. Die Druschreife wurde zwischen Anfang und Mitte September erreicht. Geerntet wurde mit einem Parzellenmähdrescher der Firma Hege.

Dipl.-Ing.agr. Kerstin Stolzenburg, LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten, Tel.: 0721/9518-217, Email: Kerstin.Stolzenburg@ltz.bwl.de, Internet: http://www.ltz-augustenberg.de*

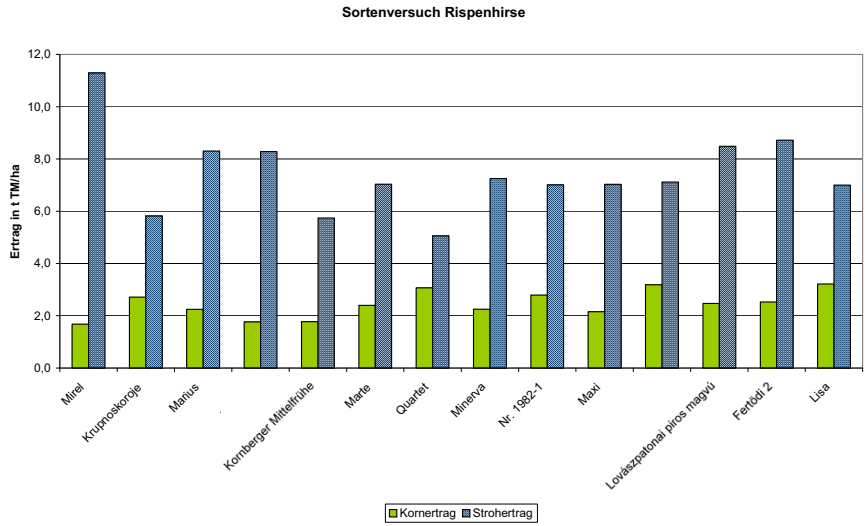


Abb. 1: Korn- und Stroherträge verschiedener Rispenhirsesorten (LTZ Augustenberg-Außenstelle Forchheim, 2jähriges Mittel)

Tab. 1: TKG (g) und HLG (kg/hl) verschiedener Rispenhirsesorten

Sorte	Herkunft	TKG	HLG
Krupnoskoroje	Russland	8,6	74,9
Marius	Rumänien	6,8	70,1
Margarit	Rumänien	4,9	71,1
Kornberger Mittelfrühe	Österreich	7,6	76,3
Marte	Rumänien	7,2	57,3
Quartet	Russland	5,7	75,9
Minerva	Rumänien	5,8	74,4
Nr. 1982-1	Russland	7,6	75,2
Maxi	Ungarn	7,0	75,7
Matador	Rumänien	6,6	76,0
Lovászpatonai piros magvú	Ungarn	5,7	75,5
Fertödi 2	Ungarn	6,2	73,8
Lisa	Österreich	6,1	74,1

Als Qualitätsmerkmale wurden im gereinigten Erntegut das Tausendkorngewicht (TKG) und das Hektolitergewicht (HLG) bestimmt. Ein hohes TKG war, wie zunächst vermutet, kein sicherer Hinweis auf ein hohes HLG, da auch die Kornform und die Beschaffenheit der Schale einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss hatten. Bei den untersuchten Sorten wurde dementsprechend zwischen TKG und HLG nur eine geringe positive Korrelation gefunden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 48–49 (2007)

Ergebnisse mehrjähriger Versuche mit Amaranth (*Amaranthus ssp.*) in der Rheinebene

Kerstin Stolzenburg

Einleitung

Amaranth (*Amaranthus ssp.*) zählt zu den Pseudocerealien und stellt als C_4-Pflanze hohe Ansprüche an die Temperatur. Der Wasserbedarf ist eher gering, insbesondere während der Kornreife. Damit passt sich die Pflanze gut an die klimatischen Verhältnisse der Rheinebene an.

Material und Methoden

Seit 1998 werden am LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim Sortenprüfungen mit Amaranth durchgeführt, deren Ergebnisse an dieser Stelle auszugsweise vorgestellt werden sollen. Der Versuchsstandort liegt in der Oberrheinebene ca. 117 m über NN, Bodentyp ist eine Parabraunerde mit stark wechselnden Bodenverhältnissen, Bodenart ist lehmiger Sand mit 24 bis 32 Bodenpunkten. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im langjährigen Mittel bei 10,1° C, die Niederschlagsverteilung bei 742 mm/a bzw. 413 mm während der Vegetationszeit (März bis September). Bislang wurden 24 Amaranthsorten bzw. –zuchtstämme im Hinblick auf Ertragsleistung und stoffliche Zusammensetzung geprüft. Die Aussaat erfolgte Anfang bis Mitte Mai mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine der Firma Monosem. Die Reihenweite betrug 0,25 m, die Ablagetiefe 1 cm. Die Sollpflanzenzahl lag bei 50 Körnern/m². Gedüngt wurden 80 kg N/ha abzgl. N_{min} als KAS in zwei Teilgaben, zur Saat und vor Bestandesschluss.

Ergebnisse und Diskussion

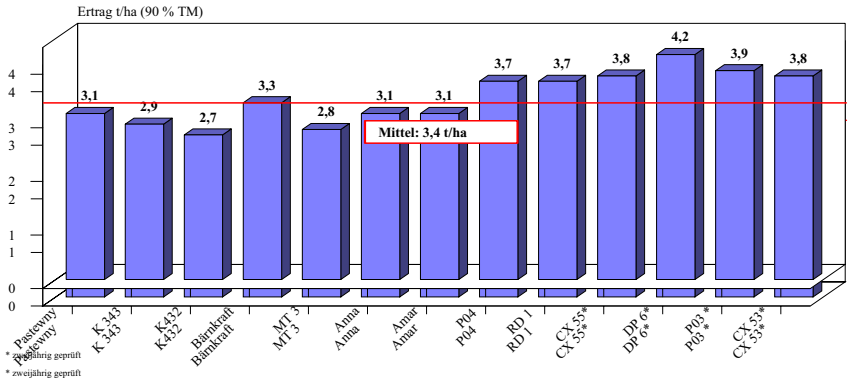


Abb. 1: Ergebnisse der mehrjährigen Sortenprüfungen mit Amaranth (LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim)

Dipl.-Ing.agr. Kerstin Stolzenburg, LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten, Tel.: 0721/9518-217, Email: Kerstin.Stolzenburg@ltz.bwl.de, Internet: http://www.ltz-augustenberg.de

Als Resultat der intensiven Züchtungsarbeit ist das Ertragsniveau der geprüften Sorten stabiler geworden. Anfängliche Schwankungen im Kornertrag von bis zu 2 t/ha traten bei den zuletzt geprüften Sorten und Zuchtstämmen nicht mehr auf. Über fünf Versuchsjahre wurde ein durchschnittlicher Kornertrag von 3,4 t TM/ha erzielt (Abb. 1). Die einzige in Deutschland zugelassene Sorte Bärnkrafft und die neu gezüchteten Stämme DP 6, CX 53 und CX 55 lassen dauerhaft stabile Erträge über 3 t/ha erwarten.

Pseudocerealien sind hauptsächlich als Kohlenhydratlieferanten anzusehen, können darüber hinaus jedoch wesentlich zur Deckung des täglichen Bedarfs an essentiellen Fettsäuren beitragen. Der Gesamtfettgehalt von Amaranth liegt bei 6,3 % in der TM. Getreidesorten weisen vergleichsweise geringere Werte zwischen 1 und 1,8 g/100 g auf. Höhere Fettgehalte innerhalb der Getreidearten sind nur von Hafer mit durchschnittlich 3,9 % und Mais mit 3,5 % bekannt. Hauptbestandteil des Rohfettes in Amaranth ist die Linolsäure. Mit 2,9 g je 100 g liegt die Linolsäure über den Werten für Hafer mit 1,6 g bzw. Mais mit 2 g (Tab. 1).

Tab. 1: Fettsäurespektrum von Amaranth (LTZ Augustenberg - Außenstelle Forchheim, Angaben in % des Rohfettgehaltes)

	Amaranth		
	MITTEL %	MIN %	MAX %
Myristinsäure	0,3	0,1	0,5
Palmitinsäure	18,7	18,4	19,2
Palmitoleinsäure	0,2	0,1	0,2
Stearinsäure	3,6	3,4	3,9
Ölsäure	25,7	19,7	29,3
Vaccensäure	1,2	1,0	1,3
Linolsäure	39,2	35,8	45,0
a-Linolensäure	0,6	0,5	0,8
Arachinsäure	0,9	0,8	1,0
11-Eicosensäure	0,3	0,2	0,5
Behensäure	0,3	0,1	0,5
Erucasäure	0,1	0,1	0,1
Squalen	7,5	6,4	8,6
mehrfach ungesättigte Fettsäuren	39,9	36,4	45,7
P/S-Wert	1,7	1,5	1,9

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 50–51 (2007)

Fünfjährige Untersuchungen zu Anzucht und Anbau von *Stevia rebaudiana*

Christa Lankes & Ralf Pude*

Einleitung

Das Süßkraut *Stevia rebaudiana* Bertoni gehört zur Familie der Compositae (Unterfamilie Asteraceae) und ist im Grenzgebiet zwischen Paraguay, Argentinien und Brasilien beheimatet. Es weist in Blättern und Stängeln hohe Süßstoffgehalte auf (5 - 10 % Steviosid, 2 - 4 % Rebaudiosid A-E), deren Süßkraft die von Saccharose um das 50- bis 300-fache übertrifft. Da es sich um natürliche Süßstoffe handelt, die nicht kalorisch und zahnschonend sind, und sich für zahlreiche diätetische Verwendungszwecke eignen (Kinghorn, 2002) stellen sie eine interessante Alternative zu den bisher verwendeten, chemisch-synthetischen Süßstoffen aber auch zu Rüben- oder Rohrzucker dar. Aufgrund der beachtlichen klimatischen Unterschiede zwischen den Herkunfts- und hiesigen Standorten war diese hochwertige Pflanze allerdings auf ihre Anbauwürdigkeit unter mitteleuropäischen Klimabedingungen zu prüfen.

Material und Methoden

In den Jahren 2002 bis 2006 wurden an der Lehr- und Forschungsstation Obstversuchsanlage Klein-Altendorf (LFS) Anbauversuche unter Freilandbedingungen durchgeführt. Im ersten Versuchsjahr erfolgten diese Untersuchungen auch im Folienhaus, im letzten zusätzlich an einem niederrheinischen Standort. Dabei wurden die Einflüsse unterschiedlicher Pflanzdichten und Düngergaben sowie verschiedener Pflanzenherkünfte (3 x Zukauf, 2 x eigene Vermehrung) und Anzuchtsubstrate auf den Ertrag der *Stevia*-Pflanzen geprüft.

Da ein Anbau der Wärme liebenden subtropischen Pflanze Temperatur bedingt an den hiesigen Standorten erst ab Mitte Mai möglich ist, wurde untersucht, mit welchen Vermehrungs- und Anzuchtverfahren Jungpflanzenqualitäten erzielt werden können, die einen Pflanzschock vermeiden lassen und nach dem Auspflanzen ein zügiges Wachstum sicherstellen, damit die langen Photoperioden und hohen Temperaturen der Sommermonate in Blattzuwachs und Süßstoffbildung umgesetzt werden können.

Ergebnisse und Diskussion

Die in fünfjährigen Freilanduntersuchungen erzielten Trockenmasse-Erträge (Tab. 1) von 30 bis 113 dt/ha lagen zum Teil deutlich über den von anderen Standorten in Südeuropa, Südamerika und Asien berichteten Werten von 30 bis 70 dt/ha. *Stevia rebaudiana* erwies sich als widerstandsfähig gegenüber schwankenden Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen. Dabei wurden hohe Temperaturen und Trockenheit eher toleriert als niedrige Temperaturen und Nässe, die insbesondere infolge der durch das nass-kalte Frühjahr 2005 begünstigten *Sklerotinia*-Infektion zu deutlichen Ertragseinbußen führten. Anbau im Folientunnel führte zu deutlicher Ertragssteigerung. Der höchste Krautertrag wurde bei einer Pflanzdichte von nur 8

Dr. Christa Lankes, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz – Bereich Pflanzen- und Gartenbauwissenschaften, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn

* PD Dr. Ralf Pude, Lehr- und Forschungsstationen der Universität Bonn, Endenicher Allee 15, D-53115 Bonn

Pflanzen je m² erreicht. Die geprüften Düngevarianten hatten keine Auswirkungen auf die Ertragsparameter (Pude, Schmitz-Eiberger und Noga, 2005). Allerdings waren bei einem Anbau an einem Standort mit nährstoffarmem Boden (2006, Niederrhein) deutlich höhere Erträge zu verzeichnen.

Tab. 1: *Stevia*-Erträge in fünf Versuchsjahren

	2002		**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	
	Freiland LFS	Folientunnel LFS	Freiland LFS	Freiland, LFS	Freiland, LFS	Freiland, LFS	Freiland Niederrhein
Wuchshöhe (cm)	64,0	88,3	49,7	73,8	56,3	78,8	83,9
Gesamtertrag TM (dt/ha)	**48,8**	**79,1**	**67,2**	**111,5**	**30,4**	**95,6**	**113,2**
Blattertrag TM (dt/ha)	23,3	33,4	41,8	60,5	16,3	48,1	59,8
Stängelertrag TM (dt/ha)	25,5	45,7	25,4	51,0	14,1	47,5	53,4
Blattanteil (%)	47,7	42,2	62,2	54,3	53,6	50,3	52,8
Anmerkung			extrem trocken		nasses Frühjahr, Sklerotiniabefall		

Zur Termin gerechten Vermehrung von Jungpflanzen eignet sich die Stecklingsvermehrung im beheizten Gewächshaus. Allerdings ist dazu eine Haltung der Mutterpflanzen unter Langtagbedingungen erforderlich, um einen Übergang in die generative Phase zu vermeiden und einen ausreichenden Austrieb ausschließlich vegetativer Seitentriebe für die Stecklingsgewinnung zu gewährleisten. Ein Hochvermehren zu großen Stückzahlen ist durch Stufen weises Vorgehen zu erreichen. Bei kontinuierlicher Tagverlängerung auf 16 Stunden Assimilationslicht kann nach ca. 2 Monaten ein erneuter Stecklingsschnitt vorgenommen werden. Schließlich sind bei Verwendung kräftiger Nodienstecklinge in sechs Wochen pflanzwürdige Jungpflanzen guter Qualität zu erzielen.
Vergleichende Untersuchungen zum Anbauerfolg mit in Erdpresstöpfen bzw. Jiffy pots angezogenen Jungpflanzen erbrachten 2006 höhere Erträge nach Anzucht in Jiffy pots, die auf geringere Pflanzenausfälle in der Versuchsparzelle zurückzuführen waren (Lankes und Pude, 2007).

Literatur

Kinghorn, A.D. (Hrsg.) 2002: Stevia - the genus Stevia, Taylor and Francis, London and New York
Pude, R., Michaela Schmitz-Eiberger and G. Noga 2005: Development, Yield and selected contents of *Stevia rebaudiana* L., Z.Arzn.Gew.Pfl., 10:37-43
Lankes, Christa und R. Pude 2007: Zur Anzucht von Stevia-Pflanzen, Gemüse, 3:23-26.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 52–53 (2007)

Vergleich der Leistungsfähigkeit alter Sommerweizensorten (*Triticum aestivum* L.) mit gegenwärtig zugelassenen Sorten

Regina Schenk, Kathleen Bode & Frank Ellmer

Einleitung

Seit einigen Jahren gibt es verschiedentlich Bemühungen, alte Sorten wieder in Anbau zu bringen. Im Land Brandenburg hat sich der Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen (VERN) den Erhalt der Vielfalt von Kulturpflanzen zur Aufgabe gemacht. Für diesen Zweck müssen alte Zucht- und Landsorten auf Ertrag, Qualität und Anbaueignung getestet werden.
In einem Parzellenversuch wurde in den Jahren 2004 und 2005 die Leistungsfähigkeit von sechs alten und zwei derzeitig zugelassenen Sommerweizen-Sorten geprüft.

Material und Methoden

Die Versuche wurden in den Jahren 2004 und 2005 auf dem Standort Berlin-Dahlem als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen durchgeführt.
Bodentyp: Parabraunerde (Albic Luvisol)
Bodenart: schwach bis mittel schluffiger Sand
Parzellengrößen: 10,8 m^2
Im Jahr 2004 wurde das Saatgut vom Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen (VERN) zur Verfügung gestellt, für 2005 wurde eigener Nachbau verwendet. Als alte Sommerweizensorten kamen die Sorten *Österreichischer Landweizen*, *Gelber Igel*, *Blaukörniger Weizen*, *Bergers Hellgelber*, *Strubes Roter Schlanstedter*, *Bornebusch* zum Anbau. Vergleichssorten waren *Devon* und *Monsum.*
Die Aussaat erfolgte jeweils Ende März mit 400 Körnern m^2. Neben einer organischen Düngung mit Rübenblatt kamen 60 kg ha^{-1} N als KAS zum Einsatz.
Als Prüfmerkmale wurden Entwicklungsstadien, Wachstumsparameter, Anfälligkeit für Mehltau, Ertragsparameter und ausgewählte Qualitätsmerkmale bestimmt.
Die Witterung zeichnete sich im Jahr 2004 durch höhere Niederschlagsmengen und niedrigere Temperaturen in den Monaten Juni und Juli und 2005 durch höhere Temperaturen von April bis Juli und stärkere Niederschläge im Juli als im langjährigen Mittel aus.
Die Ergebnisse wurden varianzstatistisch mit dem Programm FELD VA (SAS) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorte *Devon* wurde in Deutschland 1993 und *Monsum* im Jahr 2002 zugelassen. Sie sind als leistungsfähige Sorten ausgewiesen. Zu den alten Sorten gibt es wenige Informationen. Sie zeigen teilweise starke morphologische Unterschiede. Die Sorte *Gelber Igel* besitzt eine kompakte Ähre und ist stark begrannt, *Blaukörniger Weizen* stammt vermutlich aus Österreich-Ungarn und besitzt besonders dunkel gefärbte Körner. *Strubes Roter Schlanstedter* wurde erstmals 1907 registriert und noch bis 1960 in Norddeutschland angebaut. In beiden Versuchsjahren entsprach seine Leistung etwa dem Niveau der derzeitigen Sorten. Die Sorten *Monsun*, *Devon* und

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

auch *Strubes Roter Schlanstedter* erreicht mit 66 bis 71 dt ha^{-1} im Jahr 2004 und 42 bis 45 dt ha^{-1} im Jahr 2005 die höchsten Erträge (Abb. 1). Die anderen Sorten sind in beiden Jahren signifikant unterlegen, wobei die Ertragsunterschiede im trockenen Jahr 2005 deutlich niedriger ausfallen.

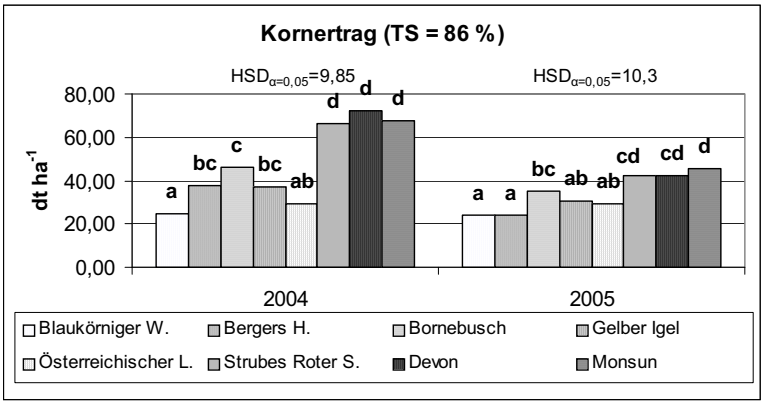


Abbildung 1: Kornertrag der Sommerweizensorten in den Jahren 2004 und 2005

Große Differenzen zeigen sich in den Wuchshöhen. *Monsun* ist mit 89 und 82 cm in beiden Jahren die kürzeste Sorte. Von den Sorten *Bornebusch* und *Österreichischer Landweizen* werden Wuchshöhen um 130 cm erreicht. *Österreichischer Landweizen, Blaukörniger Weizen* und *Gelber Igel* neigen stärker zum Lager.
Bei allen Sorten, ausgenommen *Monsun*, *Devon* und *Strubes Roter Schlanstedter,* ist in beiden Jahren ein höherer Mehltaubefall registriert worden.
Der Stärkegehalt liegt bei allen alten Sorten, außer *Strubes Roter Schlanstedter,* signifikant unter dem der modernen Sorten. Gleichzeitig ist der Rohfasergehalt der alten Sorten leicht erhöht.
Die trockenen und sonnigen Bedingungen im Jahr 2004 führten zu hohen Fallzahlen.
Bei allen geprüften Parametern erreichte die Sorte *Strubes Roter Schlanstedter* mit Abstand die besten Ergebnisse (Tab. 1).

Tabelle 1: Zusammenfassende Bewertung der alten Sorten nach Punkten (1 bis 6)

Parameter	Blaukörniger Weizen	Bergers Hellgelber	Bornebusch	Gelber Igel	Österr. Landweizen	Strubes Roter S.
Bestandesdichte	3	2	4	5	1	6
Kornzahl Ähre^{-1}	1	2	5	4	3	6
TKG	3	6	2	4	1	5
Kornertrag	1	3	5	4	2	6
HLG	4	2	3	5	1	6
Proteingehalt	5	4	2	3	6	1
Proteinertrag	1	2	5	4	3	6
Stärkegehalt	2	3	5	4	1	6
Stärkeertrag	1	3	5	4	2	6
Summe	23	27	36	37	20	48

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 54–55 (2007)

Leistungspotential und Ertragsentwicklung im deutschen Zuckerrübenanbau

Julia Fuchs, Nicol Stockfisch & Bernward Märländer

Einleitung

In Deutschland wurden 2005 auf 420.000 ha Zuckerrüben in 45.000 Betrieben angebaut und von sechs Zuckerunternehmen verarbeitet (WVZ 2006). Der Anbau von Zuckerrüben ist im Rahmen der EU-Zuckermarktordnung über Branchenvereinbarungen und betriebsbezogene Lieferverträge zur Erzeugung von Zucker und seit 2007 von Industrie- und Ethanolrüben geregelt. Infolge der Reform der EU-Zuckermarktordnung und damit verbundener Preiskürzungen stellt sich die Frage, ob regionale Unterschiede in der Ertragsentwicklung bestehen und sich so Gunststandorte identifizieren lassen, auf denen eine Konzentration des Zuckerrübenanbaus zu erwarten ist.

Material und Methoden

Die Leistung der Zuckerrübe wird auf den Ebenen Bundesrepublik und Bundesland in der Erzeugungsstatistik der Wirtschaftlichen Vereinigung Zucker als Weißzuckerertrag (= tatsächlich gewonnener Zucker im Verhältnis zur Anbaufläche) erfasst. Die Daten zum Weißzuckerertrag 1981-2005 wurden nach Regionen gegliedert: Schleswig-Holstein und Niedersachsen (Nord); Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen (Süd); Nordrhein-Westfalen (West). Seit 1990 lagen Daten für die neuen Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen (Ost) vor. Zur Charakterisierung der Leistung im landwirtschaftlichen Betrieb wird der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) verwendet. Er beruht auf einer Formel, in die Ertrags- und Qualitätsdaten einfließen und dient der Schätzung der potentiell extrahierbaren Zuckermenge aus dem Rohstoff Rübe. In drei Naturräumen um Hannover wurde der BZE aller Zuckerrüben anbauenden Betriebe für 2002-2004 analysiert. Ein Naturraum umfasst eine Subregion mit ähnlichen Umweltbedingungen bezüglich Boden und Witterung. Die ausgewählten Naturräume weisen bei räumlicher Nähe große Heterogenität der Bodenarten auf, sind aber hinsichtlich der Witterung sehr homogen (langj. Mittel 1961-1990: 650 mm a^{-1} Niederschlag, 8,9 °C Tagestemperatur).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt lag der Weißzuckerertrag der Region Süd über dem von West und Nord (Abb. 1), die Entwicklung verlief in diesen drei Regionen auf unterschiedlichen Ertragsniveaus nahezu parallel. Der jährliche Anstieg im Weißzuckerertrag 1981-2005, dargestellt als Regressionskoeffizient, unterschied sich für die Regionen Süd, West und Nord unabhängig vom Ertragsniveau nicht signifikant (t-Test; $\alpha = 0,05$, nicht dargestellt). Züchterischer und anbautechnischer Fortschritt wurden demnach gleichmäßig in den drei Regionen adaptiert. Deutlich anders vollzog sich die Entwicklung in der Region Ost: der Weißzuckerertrag lag 1990 um etwa ein Drittel unter dem Ertrag in den anderen Regionen. Der Anstieg verlief ungefähr doppelt so schnell und unterschied sich signifikant von den anderen Regionen. Dieser Sachverhalt lässt sich durch Anpassung einer Exponentialfunktion besser beschreiben, da unter Annahme einer linearen Funktion innerhalb weniger Jahre ein höherer Weißzuckerertrag in der Region Ost als in der Region Süd zu erwarten wäre.

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

Eine Angleichung der Entwicklung an die übrigen Regionen scheint, ausgehend vom aktuellen Ertragsniveau, wahrscheinlicher.

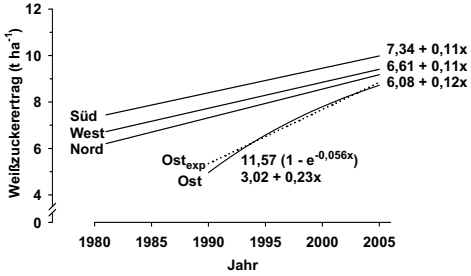


Abb. 1: Entwicklung des Weißzuckerertrags in den Regionen Deutschlands 1981-2005, Daten für Ost seit 1990

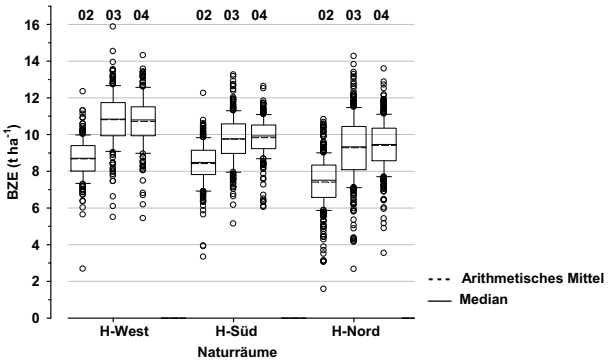


Abb. 2: Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben je Betrieb in Naturräumen um Hannover (H) 2002-2004; n = 184-361

Der mittlere BZE der um Hannover gelegenen Naturräume nahm von H-West über H-Süd nach H-Nord ab (Abb. 2). Der im Mittel höchste BZE wurde in allen Jahren jeweils in H-West erzielt. Zwischen den Jahren unterschied sich der BZE der Naturräume deutlich. Im Jahr 2002 war der mittlere BZE mit Werten von 7,4 (H-Nord) bis 8,7 t ha^{-1} (H-West) vergleichsweise niedrig, in den Jahren 2003 und 2004 mit 8,5 bis 11 t ha^{-1} klar höher. Insgesamt waren die Ertragsunterschiede zwischen landwirtschaftlichen Betrieben innerhalb eines Naturraums wesentlich größer als zwischen Naturräumen und Jahren und zwischen Regionen (Abb. 1). Ursache des unterschiedlichen Weißzuckerertrags zwischen den Regionen sind vor allem höhere Temperaturen und eine witterungsbedingt frühere Aussaat (Vegetationslänge), während innerhalb von Region und Naturraum das Anbaumanagement maßgeblich den BZE beeinflusst. Eine Konzentration auf Gunststandorte zur Erhöhung des Leistungspotentials erfordert deshalb zu allererst eine Konzentration auf „bessere Betriebe“.

Literatur

WVZ 2006: Jahresbericht 2005/06. Wirtschaftl. Vereinigung Zucker, Verein der Zuckerindustrie, Bonn.

Das Projekt wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 56–57 (2007)

Vergleich der Zuwachsraten von Zuckerrübe, Mais, Raps und Weizen auf einem Lössstandort

Svea Pacyna & Heinz-Josef Koch

Einleitung

Die Zukunft des Ackerbaus wird nicht nur in der Erzeugung von Nahrungsmitteln sondern vermehrt in der Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe zur Energiegewinnung zu finden sein. Gerade für diesen Produktionszweig gilt es, in optimierten Fruchtfolgen höchste Zuwachsraten der Kulturen in Abhängigkeit des jeweiligen Standortes zu erreichen. Beobachtungen der Trockenmasseproduktion verschiedener Früchte aus den 60er Jahren zeigten unter niederländischen Klimabedingungen bei optimaler Nährstoff- und Wasserversorgung durchschnittliche Zuwachsraten in Höhe von ca. 200 kg TM ha^{-1} Tag^{-1} (Sibma, 1968). Vergleichbare Daten aktueller Untersuchungen verschiedener Ackerkulturen unter heutigen Klimabedingungen und unter Berücksichtigung verbesserter Anbaumaßnahmen sind dagegen kaum bekannt.

In einem Versuch wird daher der Ertragszuwachs einzelner Feldfrüchte wie Zuckerrübe (ZR), Silomais (SM), Winterraps (WR) und Winterweizen (WW) auf einem Lössstandort in der Nähe von Göttingen untersucht.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort liegt in Harste nordwestlich von Göttingen und ist gekennzeichnet durch einen mittleren Niederschlag von 607 mm und eine mittlere Temperatur von 8,9°C. Die bestimmende Bodenart ist mitteltoniger Schluff. Die einzelnen Fruchtarten (Prüfglieder) jeder Fruchtfolge werden jedes Jahr parallel im Feld angebaut. Pflanzenschutzmaßnahmen sowie Düngung wurden standortspezifisch nach den Empfehlungen der regionalen Beratungsstellen optimal durchgeführt. Die Trockenmasseermittlung der einzelnen Früchte erfolgte ab Anfang April 2007 in zweiwöchigem Abstand. Dazu wurde der gesamte oberirdische Aufwuchs abgeschnitten, aufgesammelt und getrocknet. Die jeweils beerntete Fläche betrug bei Zuckerrübe 4,05 m^2, bei Mais 3 m^2 und bei Raps und Weizen 1,2 m^2. Die Serie der Zwischenernten schließt mit der Abreife der jeweiligen Kultur ab.

Ergebnisse und Diskussion

Bereits Anfang April wiesen die Kulturen Winterraps und Winterweizen einen Trockenmassezuwachs von 77 bzw. 94 kg ha^{-1} Tag^{-1} auf (Tab.1). Winterraps erreichte die höchste Zuwachsrate bereits Ende April, wohingegen Winterweizen ca. zwei Wochen später maximale Trockenmassen pro Tag erzeugte. Dieser Unterschied lässt sich zum einen durch eine vier Wochen frühere Aussaat des Winterrapses im Vergleich zu Winterweizen und zum anderen durch einen höheren Zuwachs des Rapses auch bei niedrigen Temperaturen erklären. So zeigten beide Winterungen einen ähnlichen, jedoch um zwei Wochen zeitversetzten Verlauf des Ertragszuwachses (Abb.1). Die bei Raps Ende Juni ermittelte negative Zuwachsrate spiegelte die artspezifische Reduktion der Trockenmasse durch Blattabwurf wider (Diepenbrock, 2000).

Die Trockenmasse von Zuckerrübe und Silomais wurde erstmalig Mitte bzw. Ende Mai erfasst (Abb.1). Auffällig waren die rasch ansteigenden Zuwachsraten. Im

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

Zeitraum von Mitte Juni bis Ende Juni wiesen Zuckerrüben eine tägliche Zuwachsrate von 240 kg TM ha^{-1} auf (Tab.1).

Die von Sibma (1968) bei Zuckerrübe, Mais und Weizen ermittelte durchschnittliche Zuwachsrate in Höhe von 200 kg TM ha^{-1} Tag^{-1} konnte mit den Daten der vorliegenden Untersuchung für Weizen bestätigt werden. Winterraps erreichte dagegen nur eine maximale Zuwachsrate von 159 kg TM ha^{-1} Tag^{-1}, wogegen die Zuckerrübe eine deutlich höhere Rate aufwies. Ob Silomais eine der Zuckerrübe ähnlich hohe Zuwachsrate erreicht, werden die Ergebnisse während des weiteren Vegetationsverlaufs zeigen.

Tab.1: Zuwachsraten (kg TM ha^{-1} Tag^{-1}) von Zuckerrübe (ZR), Silomais (SM), Winterraps (WR) und Winterweizen (WW) im Vegetationsverlauf 2007

Zeitraum	Zuwachsrate (kg TM ha^{-1} Tag^{-1})			
	Zuckerrübe (ZR)	Silomais (SM)	Winterraps (WR)	Winterweizen (WW)
03.04.-18.04.	(Aussaat)	/	77	94
18.04.-02.05.	/	(Aussaat)	159	142
02.05.-16.05.	/	/	118	198
16.05.-31.05.	33	/	103	98
31.05.-14.06.	134	48	122	133
14.06.-26.06.	240	153	-123	93
Durchschnitt	128	96	107	166

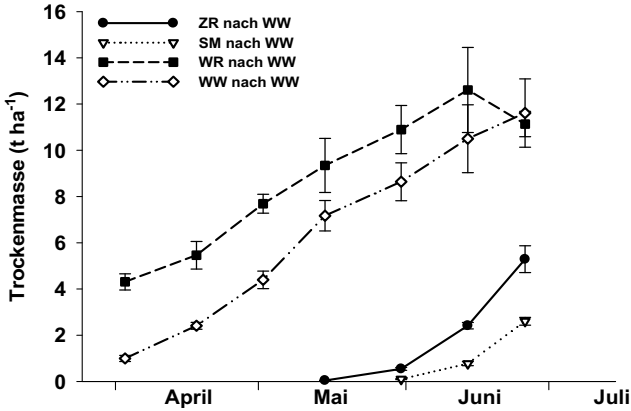


Abb.1: Vergleich der Trockenmasseerträge (t ha^{-1}) von Zuckerrübe (ZR), Silomais (SM), Winterraps (WR) und Winterweizen (WW) im Vegetationsverlauf 2007

Literatur

Diepenbrock, W. 2000: Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Res. 67: 35-49.

Sibma, L. 1968: Growth of closed green crop surfaces in The Netherlands. Neth. J. Agric. Sci. 16: 211-216.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 58–59 (2007)

Teil- und Ganzpflanzenerträge unterschiedlicher Triticale und Weizen-Sorten für die Herstellung von Biogas und Ethanol bzw. zur thermischen/stofflichen Verwertung („ SUNFUEL")

Sven Grebe, Reinhold Stülpnagel & Michael Wachendorf

Einleitung

Ziel ist es, bei Triticale und Weizen Daten zur Sortenwahl für die energetischen Verwertungsschienen Biogas, Ethanol und BTL zu gewinnen. Gleichzeitig sollen die Ergebnisse zur Ausweisung von Referenzsorten für eine züchterische Bearbeitung dienen. Die Daten werden in einem dreijährigen Feldversuch an einem Versuchsstandort der Universität Kassel gewonnen. Für weiterreichendere Aussagen zu den Ganzpflanzenerträgen werden auch in den hessischen Landes-Sortenversuchen Proben gezogen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wird auf einer Parabraunerde aus Löss am Standort Hebenshausen bei Witzenhausen im Werra-Meißner-Kreis (228 m über NN; Ø 7,8°C, 620 mm) seit Herbst 2004 als randomisierte Spaltanlage in vierfacher Wiederholung mit 16 Wintertriticale- und 6 Winterweizen-Sorten durchgeführt. Zu den Ernteterminen BBCH 71, 83 und 92 werden die Gesamterträge ermittelt und in Teilerträge untergliedert sowie die verwertungsrelevanten Inhaltsstoffe bestimmt.

Faktor	Variante		Verwertungsziel
I	Düngung	ohne Ährengabe (N I)	Biogas / BTL
		mit Ährengabe (N II)	Ethanol
II	Art/Sorte	Wintertriticale (16 Sorten)	Biogas / BTL / Ethanol
		Winterweizen (6 Sorten)	Biogas / BTL / Ethanol
III	Erntetermin	Kornbildung (BBCH 71)	Biogas / BTL*)
		Milch / Teigreife (BBCH 83)	Biogas / BTL*)
		Vollreife (BBCH 92)	BTL / Ethanol

*) Die zu BBCH 71 und 83 geernteten Pflanzen werden in der Praxis einsiliert und zur Biogaserzeugung direkt oder zur BTL-Erzeugung nach mechanischer Entwässerung verwertet.

Ergebnisse und Diskussion

Ausgewählt für diesen Beitrag werden nachfolgend aus dem Feldversuch die Ergebnisse zur Ertragsentwicklung in der generativen Phase ab BBCH 71 dargestellt, hierbei wurde die Ertragsentwicklung bis BBCH 71 als Schätzwert eingefügt (Abb. 1). Aus der Darstellung wird deutlich, dass sowohl Triticale als auch Weizen in beiden Jahren zu BBCH 83 den höchsten Gesamtertrag hatten. Während im Jahr 2006 von BBCH 83 bis zur Vollreife keine Ertragsänderung festzustellen war, nahm der Ertrag im Jahr 2005 von BBCH 83 bis zur Vollreife sogar um etwa 20 dt TM/ha ab. Sie resultierte aus einer Abnahme des Strohertrages je Hektar durch Umsetzung von Cellulose und Hemicellulose, gleichzeitig nahm die Menge an Pektinen und organischem Rest zu; ein Ergebnis, das im weiteren Versuchsverlauf zu bestätigen ist, da es für die Verwertung des vollreifen Erntegutes von großer

Sven Grebe, Universität Kassel, FB11, FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, E-mail: svgrebe@uni-kassel.de , Tel: 05542-981 525

Bedeutung ist. Wird aus dem Korn Ethanol gewonnen und das Stroh thermisch verwertet (z.B. BTL), dann ist nur die Ertragsabnahme negativ zu bewerten. Soll aber auch das Stroh zu Ethanol gewandelt werden, dann wird die Ausbeute an Ethanol nicht nur durch die Ertragsabnahme geschmälert sondern auch durch die Zunahme an Pektinen und organischem Rest.

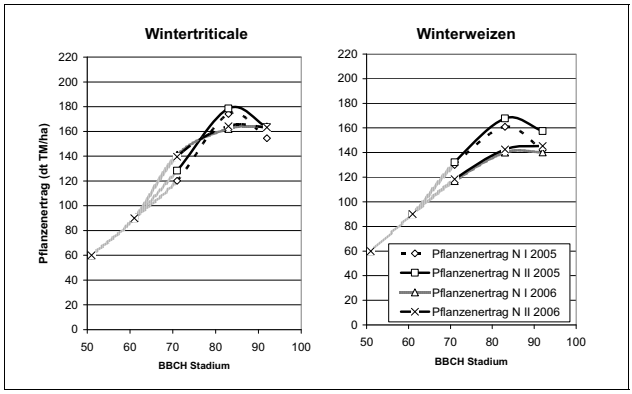


Abb. 1: Pflanzenertrag im Stadium BBCH 71, 83 und 92 von Wintertriticale und Winterweizen ohne (N I) und mit Ährengabe (N II) in zwei Jahren.

Soll hingegen das Pflanzenmaterial zu Biogas gewandelt werden, dann wird das Getreide bevorzugt zu BBCH 77 – 83 geerntet und einsiliert, d.h. vor einer möglichen Ertragsabnahme während der weiteren Ausreife, die etwa vier Wochen in Anspruch nimmt. In dieser und der dann noch verbleibenden Vegetationszeit kann eine zweite Kultur zur Realisierung hoher Ganzjahreserträge angebaut werden. Diese Vorgehensweise ist die Grundlage für das Zweikultur-Nutzungssystem (SCHEFFER und STÜLPNAGEL, 1993), mit dem auch die Rohstoffbasis für die BTL-Herstellung realisiert werden kann, wenn vor der Vergasung die Silagen zunächst mechanisch und dann thermisch entwässert werden. Zur Untermauerung der Vorzüglichkeit der einzelnen Wandlungswege sind daher weitere Untersuchungen zur Ertragsentwicklung in diesem Zeitraum notwendig, um Daten zu diesem Parameter in Abhängigkeit von Pflanzenart, Standort und Witterung zu erlangen.

Danksagung: Die Autoren danken dem Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV) für die Förderung.

Literatur

Scheffer, K. und Stülpnagel, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereit-stellung des CO_2-neutralen Energieträgers Biomasse - Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, S. 147 – 162

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 60–61 (2007)

Einfluss des Standortes, der Sorte und der Rotationsdauer auf den zehnjährigen Ertrag bei Weide im Kurzumtrieb

Peter Liebhard, Karl Refenner*, Helmut Wagentristl* & Josef Streißelberger**

Einleitung

Durch den steigenden Bedarf an Industrieholz für die Zellstoff-, Papier- und Plattenindustrie sowie für Biomasse-Kraftwärmeanlagen, Heizwerke, Hackgutheizungen und für die Pelletserzeugung muss neben der steigenden Holzliefermenge aus der Forstwirtschaft zukünftig ein wesentlicher Teil aus dem „Kurzumtrieb“ aufgebracht werden. Für die Holzproduktion im Kurzumtrieb sind für optimale Ertragsleistungen und eine lange Nutzungsdauer ein hoher Erfahrungs- und Wissensstand, der mit anderen Spezialkulturen gleichzusetzen ist, erforderlich.
Kurzumtriebsflächen dürfen maximal 30 Jahre genutzt werden. Geerntet wird in periodischen Umtriebszeiten, im Winter, bei absoluter Saftruhe der Bäume. Die derzeit von den Züchtern angebotenen Klone erreichen ihre maximale Zuwachsleistung bereits in den ersten drei bis fünf Aufwuchsjahren. An zwei repräsentativen Standorten (Klimaräumen) wurden 1996 Versuchsflächen eingerichtet, um den Wachstumsverlauf und das langjährige Ertragsverhalten bei verschiedenen Weiden- und Pappelklonen beurteilen zu können.

Material und Methoden

Groß Enzersdorf (153 m Seehöhe) repräsentiert das semiaride Klimagebiet mit heißen, trockenen Sommern und kalten schneearmen Wintern. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,7 °C, Vegetationszeit ca. 250 Tagen (≥ +5 °C). Die Ø Jahressumme der Niederschläge liegt um 550 mm, aber mit ungünstiger Verteilung. Der Boden ist ein schwach vergleyter, kalkhaltiger Grauer Auboden.
Gießhübl/Amstetten (320 m Seehöhe) liegt im östlichen Alpenvorland. Die Ø Jahrestemperatur beträgt 8,4 °C, Vegetationszeit ca. 229 Tagen. Die Ø Niederschlagsmenge liegt bei 870 mm, ca. 54 % der Niederschläge fallen von April bis August. Die Auspflanzung der Weide – fünf Klone (bei Pappel vier Klone) erfolgte auf beiden Standorten mit Steckhölzern von 20 cm Länge Mitte Mai 1996. Aufgrund der hohen Ausfälle – nur bei Pappel - (mindere Steckholzqualität) wurde im April 1997. neu ausgepflanzt. Aus erntetechnischen Gründen wurde eine Blockanlage gewählt (Tab. 1), eine Bruttoparzelle besteht aus drei Doppelreihen. Die Ernte (nach Rückschnitt im Jänner 1997) erfolgte bei dreijährigem Umtrieb im Jänner 2000, 2003 und 2006, bei fünfjährigem Umtrieb im Jänner 2002 und 2007. Zur Beurteilung des Ertrages (Frisch- und Trockengewicht) wurden alle Triebe einer Pflanze mittels Motorsäge in einer Höhe von ca.10 cm über dem Boden geschnitten. Die Ermittlung des Parzellengewichtes erfolgte auf einer Brückenwaage. Zur Ertragsermittlung wurden je Parzelle 10 hintereinander stehende Stöcke geerntet, gebündelt und verwogen. Da innerhalb eines Stockes (Baumes) die einzelnen Kompartimente (Stammabschnitte, Seitentriebe und Äste) naturgemäß eine unterschiedliche Feuchtigkeit aufweisen, wurde das Erntegut von 10 Stöcken zu Mittelhackschnitzeln

Ao.Univ. Prof. Dr. P, Liebhard: Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel Straße 33, A-1180 Wien
* Dipl. Ing. K. Refenner und Ass. Prof. Dr. H. Wagentristl: Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien, Schlosshoferstraße 61, A-2301 Groß Enzersdorf
**Ing. E. Streißelberger: Landwirtschaftliche Fachschule Gießhübl, Gießhübl 7, A-3300 Amstetten

mit einer Kantenlänge von 31 bis 50 mm zerkleinert, homogenisiert und bei 105 °C auf Gewichtskonstanz getrocknet. Die Auswertung des Feldversuchs-Datenmaterials erfolgte mit einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse (Programmpaket SAS) und mit dem Newmann-Keul-Test für Mittelwertvergleiche.

Tab. 1: Versuchsanlage Hackgut- und Holzproduktion im Kurzumtrieb

	Standort Gießhübl		**Standort Groß Enzersdorf**	
	3-jähriger Umtr.	5-jähriger Umtr.	3-jähriger Umtr.	5-jähriger Umtr.
Wiederholungen	3	3	4	4
Pflanzabstand (cm)	50	50	50	50
Doppelreihen-abstand	70	70	75	75
Fahrgassen-abstand (cm)	150	250	150 (Weide)	(Weide) 150 (Pappel) 250
Sollpflanzen-zahl/ha	18 500	12 500	17 777	(Weide)17 777 (Pappel)12 308
Parzellenlänge (m)	20	20	20	20

Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß war am semihumiden Standort der Ertrag höher, und mit längerer Rotationsdauer (im ersten fünf-jährigen Umtrieb) kam es zu einer schwachsignifikanten Erhöhung. Mit zunehmender Nutzungsdauer der Anlage – erster bis dritter Umtrieb - kam es zu deutlichen Veränderungen im Ertrag und im Austriebsverhalten. Zwischen den Klonen, der Umtriebsfolge, den Umtriebszeiten ergaben sich Unterschiede in den Kulminationspunkten (Liebhard 2007).

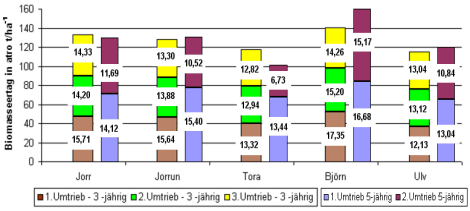


Abb.1. Verlauf des Biomasseertrages (Umtriebs-mittel) in atro t/ha, Standort Groß Enzersdorf, 1997 bis 2007

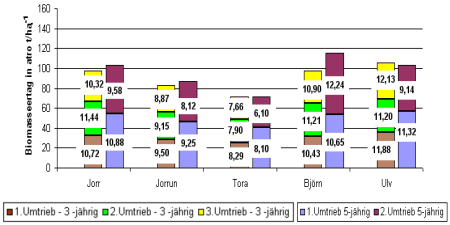


Abb. 2: Verlauf des Biomasseertrages (Umtriebs-mittel) in atro t/ha, Standort Gießhübl/Amstetten, 1997 bis 2006

Die Weidenklone unterscheiden sich in der Qualität des Stockausschlages bzw. in der Anzahl der Schösslinge (1. und 4. Aufwuchs) sowie im Konkurrenzverhalten der Nebentriebe während der Umtriebszeit (Ergebnisse nicht angeführt). Hervorzuheben ist das extreme sortenunterschiedliche Verhalten. Der Klon „Björn“ hob sich auf beiden Standorten als angepasst hervor.

Literatur

Liebhard, P. 2007: Energieholz im Kurzumtrieb, Rohstoff der Zukunft. Leopold Stockerverlag Graz – Stuttgart.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 62–63 (2007)

Verwertung von Biomasse-Aschen zur P-Düngung im Pflanzenbau

Katja Schiemenz, Jana Dresow & Bettina Eichler-Löbermann

Einleitung

Mit steigender Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung sind auch Untersuchungen zur Verwertung der anfallenden Biomasse-Asche als Düngemittel von Bedeutung. Der Nährstoffwert und die Möglichkeit zur Schließung von Nährstoffkreisläufen machen Asche als Sekundärrohstoffdünger für die Landwirtschaft interessant (HOLZNER 2000, PELS et al. 2005).
Am Institut für Landnutzung wird schwerpunktmäßig die Bedeutung von Biomasseaschen auf die P-Ernährung der Pflanzen untersucht. Im folgenden sind erste Ergebnisse dargestellt.

Material und Methoden

Die vorliegenden Ergebnisse beruhen auf zwei Gefäßversuchen, die 2006 und 2007 mit einem P-armen, lehmigen Sandboden durchgeführt wurden (P(DI)-Gehalt < 4 mg P/100g) (6 kg/Gefäß). Im Jahr 2006 wurde Welsches Weidelgras kultiviert und 2007 fand der Anbau von Mais, Blauer Lupine, Sommer-Gerste und Sommer-Raps statt. Es wurden verschiedene Düngungsvarianten untersucht (siehe Tab. 1). Die Versorgung mit N und Mg erfolgte in allen Gefäßen einheitlich mit NH_4NO_3 und $MgSO_4$. Die Pflanzen wurden nach ca. 60 Tagen geerntet. Bei Weidelgras erfolgten 2 Schnitte.

Tab 1: Düngevarianten der Gefäßversuche 2006 und 2007

Dünger-/Ascheart	Dünger-/Aschemenge pro Gefäß	
	2006	2007
Kontrolle (ohne P/K)	-	-
Kaliumchlorid (KCL)	1 g	1 g
Triplesuperphosphat (TSP)	1 g	1 g
Holzasche (HA)	8 g	-
Geflügelmistasche (GMA)	8 g	-
Rapsextraktionsschrotasche (RESA)	8 g	2,5 g (= 0,2 g P)
Getreideganzpflanzenasche (GGA)	-	1,9 g (= 0,2 g P)
Strohasche (SA)	-	10,1 g (= 0,1 g P)

Ergebnisse und Diskussion

Eine Zugabe der Aschen bewirkte im Gefäßversuch 2006 tendenziell eine erhöhte P-Aufnahme im Vergleich zur Variante ohne P. Die signifikant höchsten Ergebnisse konnten mit GGA erreicht werden. Eine erhöhte P-Aufnahme war jedoch auch nach TSP-Düngung zu verzeichnen (siehe Tab. 2).
Im Versuch 2007 wirkten sich die Varianten signifikant auf die Erträge von Mais und Lupine aus (siehe Tab. 3). Dabei wiesen die Düngevarianten mit P (Asche als auch TSP) signifikant oder zumindest tendenziell höhere Erträge als die KCl-Variante und

Universität Rostock, Institut für Landnutzung, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

die Kontrolle auf, so dass die Ertragsunterschiede auch auf die P-Zufuhr durch die Düngemittel zurückgeführt werden könnten. Die noch geplanten Analysen zur Nährstoffaufnahme könnten dahingehend weiteren Aufschluss geben.

Tab. 2: P-Aufnahme (Spross) (mg/Gefäß) in Abhängigkeit v. der Düngung, 2006

Düngung	**Welsches Weidelgras,** p < 0,001***
Kontrolle	54,9 ab
KCl	51,7 a
TSP	67,2 c
HA	55,6 ab
GMA	61,8 bc
GGA	84,3 d

Die Erträge der Wurzeln zeigten sowohl bei Lupine als auch bei Gerste signifikante Unterschiede (siehe Tab. 4). Lupine hatte nach Düngung mit GGA eine fast doppelt so hohe Wurzelmasse im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung. Dahingegen wirkte sich bei Gerste besonders die RESA positiv auf die Wurzelmasse aus, die sich signifikant von der Kontrollvariante unterschied.

Tab. 3: TM-Ertrag (g/Gefäß) der oberirdischen Biomasse und der Wurzeln in Abhängigkeit von der Düngung, 2007

Düngung	**Mais,**	**Bl. Lupine,**	**S-Gerste,**	**S-Raps,**
Spross	p=0,047*	p=0,027*	p=0,247	p=0,088
Kontrolle	50,2 ab	12,6 abc	28,2	16,6
KCl	45,8 a	11,0 a	30,5	16,6
TSP	53,4 b	14,3 bc	30,2	17,9
RESA	52,6 b	14,5 c	29,8	18,6
SA	52,4 b	13,0 abc	29,9	17,9
GGA	53,1 b	12,0 ab	29,9	16,3
Wurzeln	p = 0,740	p = 0,011*	p = 0,033*	p = 0,683
Kontrolle	25,3	2,9 ab	4,6 ab	3,9
KCl	24,5	1,6 a	4,3 a	3,8
TSP	27,4	5,0 bc	4,1 a	4,3
RESA	25,0	4,6 bc	6,8 c	4,5
SA	25,3	2,7 ab	6,3 bc	3,6
GGA	25,9	5,7 c	5,9 abc	3,5

Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, Duncan-Test, p<0,05

Literatur

Holzner, H. (2000): Land- und forstwirtschaftliche Verwertung von Aschen aus Biomassefeuerungen. In: "Verwertung von Asche aus Biomasseheizungen" (2000), Hrsg. Landesenergieverein Steiermark

Pels J.R., De Nie D.S. und Kiel J.H.A. (2005): Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. 14th European Biomass Conference & Exhibition, Paris, France, 17-21 October 2005

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 64–65 (2007)

Auswirkungen von Biomasseaschen auf die P-Fraktionen des Bodens

Silvia Bachmann & Bettina Eichler- Löbermann

Einleitung

Durch den Einsatz von Biomasse als Brennstoff in Heiz(kraft)werken oder in der Industrie fallen Aschen an, die möglichst umweltgerecht entsorgt oder verwertet werden sollten. Eine Rückführung der Grobaschen auf land- und forstwirtschaftliche Flächen ist im Sinne der Kreislaufwirtschaft erstrebenswert, da sie Pflanzennährstoffe wie Ca, K, Mg und P enthalten. Besonders im Hinblick auf die Knappheit der natürlichen P- Lagerstätten könnte der Einsatz von P- reichen Biomasseaschen als Sekundärrohstoffdünger in der Landwirtschaft helfen, handelsübliche P- Düngemittel einzusparen und somit zur Nachhaltigkeit und zum Schutz endlicher Ressourcen beitragen.
Um die P- Ausnutzung aus Biomasseaschen besser abschätzen zu können, wurde die Wirkung von Hühnermistasche (I) auf die P- Fraktionen des Bodens und (II) die P- Aufnahme in die Pflanze im Vergleich zu einer leicht verfügbaren P- Quelle überprüft.

Material und Methoden

Es wurde ein Gefäßversuch mit 4 Zwischenfrüchten, Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), Ölrettich (*Raphanus sativus oleiformis*), Einjähriges Weidelgras (*Lolium multiflorum gaudini*) und Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), angelegt. Bei dem Versuchsboden handelte es sich um einen P- armen sandigen Lehm (DL-P 3,9 mg P 100 g^{-1}) vom Typ Pseudogley- Parabraunerde. Alle Gefäße erhielten eine Grunddüngung mit 1,4 g NH_4NO_3, 0,5 g $MgCO_3$, und 1,4 g K_2SO_4. Die P- Düngung wurde in den Varianten

- ohne P (Kontrolle),
- mit 1 g leichtlöslichem KH_2PO_4 je Gefäß (= 0,23 g P) und
- 10 g Hühnermistasche je Gefäß (= 0,40 g P) durchgeführt.

Die Verbrennung des Hühnermistes erfolgte im Wirbelschichtverfahren. Die P-Fraktionierung wurde nach der Methode von HEDLEY *et al.* (1982) durchgeführt. Folgende P- Fraktionen des Bodens, benannt entsprechend ihrer Extraktionsmittel, können unterschieden werden: gelöstes, pflanzenverfügbares Harz- P, schwach sorbiertes, leicht verfügbares $NaHCO_3$- P, moderat labiles NaOH- P geringerer Verfügbarkeit, stabiles schwer lösliches H_2SO_4- P, nicht extrahierbares Residual- P. Der Gesamt- P Gehalt (P_t) des Bodens wurde mittels Königswasseraufschluss nach DIN 13346:2000, Verfahren C, bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse konnte ein signifikanter Einfluss des Faktors Düngung auf die Harz- P, die $NaHCO_3$- P, die NaOH- P und Residual- P- Fraktionen des Bodens ermittelt werden, während die H_2SO_4 extrahierbare P- Form durch die Düngung nicht beeinflusst wurde. Nach dem Pflanzenwachstum waren in der mit KH_2PO_4 und in der mit Asche gedüngten Variante um 44- 55 % höhere Gehalte an leicht verfügbarem Harz- P nachweisbar als in der Kontrolle. Zwischen der Kontrolle

Universität Rostock, Institut für Landnutzung, Justus von Liebig- Weg 6, silvia.bachmann@uni-rostock.de, bettina.eichler@uni-rostock.de

und der Aschevariante wurden keine signifikanten Unterschiede in den $NaHCO_3$- P und NaOH- P- Fraktionen festgestellt. Demgegenüber konnten durch die Düngung mit KH_2PO_4 deutlich erhöhte P-Gehalte in den $NaHCO_3$- und NaOH- Fraktionen nachgewiesen werden. Die Gehalte an Residual- P waren in den KH_2PO_4 Varianten ebenfalls signifikant höher als in der Kontrolle (Tab.1).

Tab. 1: P- Konzentrationen (mg kg^{-1}) in den P- Fraktion des Bodens sowie P-Entzüge (g $Gefäß^{-1}$) in Abhängigkeit der Düngung und der Fruchtarten. Ergebnisse der 2- faktoriellen Varianzanalyse mit Mittelwertvergleich.

Düngung	**Harz- P**	**$NaHCO_3$- P**	**NaOH- P**	**H_2SO_4- P**	**Residual- P**	**P_t**	**P- Entzug**
ohne P	$24,50^{a}$	$64,47^{a}$	$232,12^{a}$	108,14	$128,2^{a}$	$560,54^{a}$	$58,95^{a}$
KH_2PO_4	$35,19^{b}$	$71,98^{b}$	$253,95^{b}$	103,59	$143,53^{b}$	$608,23^{c}$	$81,66^{b}$
Asche	$37,92^{b}$	$63,75^{a}$	$241,70^{a}$	107,53	$137,62^{ab}$	$588,52^{b}$	$91,40^{c}$
Fruchtarten							
Phacelia	$34,25^{b}$	$67,45^{b}$	246,86	$107,94^{b}$	135,06	$591,56^{b}$	$70,58^{b}$
Buchweizen	$30,97^{ab}$	$69,58^{b}$	242,56	$107,90^{b}$	135,83	$586,84^{b}$	$61,68^{a}$
Weidelgras	$35,60^{ab}$	$68,53^{b}$	242,08	$110,24^{b}$	134,04	$590,49^{b}$	$55,53^{a}$
Ölrettich	$29,34^{a}$	$61,36^{a}$	238,85	$98,53^{a}$	143,01	$574,14^{a}$	$121,54^{c}$

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikant verschiedene Mittelwerte, Mittelwertvergleich nach Duncan, α= 0,05

Die P- Entzüge zwischen den drei Düngevarianten unterschieden sich signifikant, wobei die höchsten Entzüge in der aschegedüngten Variante nachgewiesen werden konnten. Anhand dieser Ergebnisse kann von einer guten Verfügbarkeit des Asche-P ausgegangen werden.
Zusätzlich wurde ein fruchtartenspezifischer Einfluss vor allem auf die beiden leichtlöslichen P- Fraktionen des Bodens deutlich (Tab.1). Insbesondere nach dem Anbau von Ölrettich konnten signifikant geringere Harz- und $NaHCO_3$- P Konzentrationen gegenüber den anderen Fruchtarten ermittelt werden. Ölrettich hatte ebenfalls einen Effekt auf die schwer verfügbare H_2SO_4- Fraktion, was vermutlich auf die hohen P- Entzüge zurückzuführen ist.

Literatur

Hedley, J.M.; Stewart, J.W.B.; Chauhan, B.S. (1982): Changes in Inorganic and Organic Soil Phosphorus Fractions by Cultivation Practices and by Laboratory Incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 1982 (46), S. 970- 976

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 66–67 (2007)

Nutzung von Mikroorganismen für eine verbesserte P-Versorgung im Pflanzenbau

Malek Al Methyeb, Silke Ruppel* & Bettina Eichler-Löbermann

Einleitung

Auf Grund der begrenzten Ressourcen an Phosphor (P) weltweit ist ein effektiver Einsatz und die Einsparung von P-Düngemitteln bedeutsam. Mikroorganismen wie Pilze und Bakterien können sowohl die räumliche als auch die chemische Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden verbessern, und somit zu einer höheren Ausnutzung des Phosphors im Boden beitragen.

In einem Forschungsprojekt wird die Auswirkung von Mykorrhiza- und Bakterienpräparaten im Feld- und Gefäßversuch untersucht, wobei hiermit erste Ergebnisse zu den Erträgen vorgestellt werden.

Material und Methoden

Im Feldversuch wurden Sommergerste und Ackerbohnen angebaut, während der Gefäßversuch mit Sommergerste und Mais durchgeführt wurde. Eine Mischung verschiedener Mykorrhiza-Arten (*Glomus etunicatum, G. intraradices, G. claroideum*) sowie eine Bakterien-Suspension mit *Enterobacter radicincitans* wurden in beiden Versuchen ausgebracht. Einige Varianten erhielten eine organische Düngung (Gülle), während andere mineralische gedüngt wurden, um die Wirkung der Mikroorganismen in Abhängigkeit der organischen Düngung zu erfassen (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Düngungsvarianten im Feld- und Gefäßversuch

Düngungsvariante	Feldversuch	Gefäßversuch
ohne	ja	nein
mineralisch (min)	in kg/ha P: 20, Mg; 20, K: 100, N: 120 (N nur bei Gerste)	in g/Gefäß 1,4 g NH_4NO_3, 1,46 g $MgSO_4$, 1 g KCl (keine P-Zufuhr)
Mykorrhizen (Myk)	Einarbeitung in den Boden	Einarbeitung in den Boden
Enterobacter radicincitans (Ent)	Saatgutbehandlung + Sprühen einer Suspension (2 Blatt-Stadium)	Saatgutbehandlung + Sprühen einer Suspension (2 Blatt-Stadium)
organisch (org)	Gülle (3 l /m²)	Gülle 100 ml/Gefäß
org + Myk	ja	ja
org + Ent	ja	ja
org + Myk +Ent	nein	ja
Myk + Ent	nein	ja

Universität Rostock, Institut für Landnutzung, bettina.eichler@uni-rostock.de
* Institute of vegetable and ornamental Crop Production, Grossbeeren

Die Pflanzenproben im Feldversuch wurden zum Stadium der Blüte entnommen, im Gefäßversuch 55 Tage nach Saat. Ermittelt wurden bisher die Erträge. Weitere bodenbiologische und –chemische Parameter werden derzeit untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Im Feld- und Gefäßversuch wurden unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Während im Gefäßversuch durch die mineralische Düngung der höchsten Ertrag ermittelt wurde, wies im Feldversuch die Variante mit der organischen Düngung die höchsten Trockenmassen auf (siehe Tab. 2, Abb. 1). Die eingesetzten Mikroorganismen wirkten sich nicht signifikant auf die Ergebnisse aus. Tendenziell konnte im Gefäßversuch eine Ertragssteigerung erreicht werden, wenn die Mykorrhizen mit *E. radicincitans* kombiniert wurde. Eine bessere Wirkung der Mikroorganismen durch Zufuhr der Gülle lies sich nicht ableiten. Im Feldversuch ging der Ertrag der Gerste zurück, wenn zu der Gülle auch Mikroorganismen ausgebracht wurden. Boniturergebnisse ergaben jedoch eine höhere Ährendichte in den Varianten org-Ent und org-Myk, so dass der Körnerertrag in diesen Varianten vermutlich nicht geringer ausfallen wird als in der reinen Güllevariante. In anderen Untersuchungen wurden durch *E. radicincitans* eine wachstumsfördernde Wirkung ermittelt (Ruppel et al., 2005).

Tab. 2: Erträge (TM, g/0,25 m^2) der Fruchtarten im Feldversuch (Ganzpflanzen)

	ohne	**min**	**Ent**	**Myk**	**org**	**org-Ent**	**org-Myk**
Bohne	75,5	77,7	63,5	93,1	-	-	-
Gerste	70,7	87,7	73,5	72,4	110,7	73,9	75,5

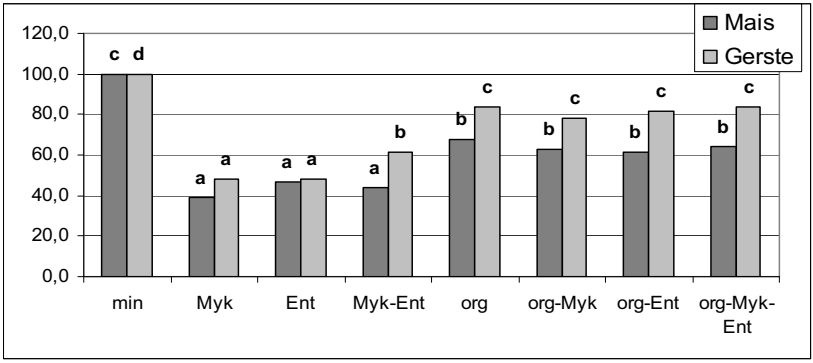


Abb. 1: Relative Erträge (TM, g/Gefäß) der Fruchtarten im Gefäßversuch (Spross) (mineralische Düngung = 100).

Literatur

Kämpfer, P., Ruppel, S., Remus, R., 2005: *Enterobacter radicincitans* sp. Nov., a plant growth promoting species of the family *Enterobacteriaceae*. Systematic and Applied Microbiology, 28, 213-221.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 68–69 (2007)

Vorfruchtwirkung winterannueller Körnerleguminosen in Reinsaat und Gemengesaat

Claudia Hof-Kautz, Knut Schmidtke* & Rolf Rauber

Einleitung

Der Anbau eines Gemenges kann verschiedene Vorteile mit sich bringen, z.B. Ertragsstabilität, Erhöhung der Diversität, Erhöhung der Produktqualität oder Stützfruchtwirkung. Von Winterkörnerleguminosen in Rein- und Gemengesaat mit Getreide können zudem positive Vorfruchtwirkungen insbesondere im ökologischen Landbau ausgehen. Die Vorfruchtwirkung derartiger Gemenge war bisher selten Gegenstand von Untersuchungen.

Material und Methoden

In den Vegetationsperioden 2003/04 und 2004/05 wurden auf drei unterschiedlichen Standorten als Vorfrüchte Reinsaaten und Gemenge (Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge) von Winterweizen (*Triticum aestivum* L., Sorte Bussard) mit Winterackerbohne (*Vicia faba* L., Sorte Hiverna) oder Wintererbse (*Pisum sativum* L., Sorte Cheyenne) in vollrandomisierten Blockanlagen mit vier Wiederholungen u.a. hinsichtlich Kornertrag, Qualität des Backweizens und N_{min}-Vorrat im Boden geprüft (vgl. HOF-KAUTZ et al. 2007). Anhand der Nachfrucht Winterroggen (*Secale cereale* L., Sorte Hacada) wurden in den Vegetationsperioden 2004/05 und 2005/06 die Vorfruchtwirkungen der Rein- und Gemengesaaten untersucht. Für die Deckungsbeitragsrechnungen wurden die Preise der ökologisch erzeugten Marktfrüchte nach ZMP (2005, 2006) verwendet. Darüber hinaus wurden eine mittlere Flächenzahlungen von 203 € ha^{-1} sowie eine Beibehaltungsprämie von 137 € ha^{-1} als Leistungen angenommen. Bei den Berechnungen der Kosten wurde überwiegend auf die Datensammlung nach KTBL (2006) zurückgegriffen. Grundsätzlich wurde bei den Gemengen ein Mehraufwand zur Trennung der Arten von 2,00 € dt^{-1} angenommen, während die Reinsaaten demgegenüber einen Mehraufwand bei der Unkrautregulierung (Striegeln, Hacken) verursachten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Vorfruchtwirkung auf den Ertrag der Nachfrucht Winterroggen stieg in der Reihenfolge Weizenreinsaat < Gemenge ≤ Leguminosenreinsaaten. So erzielte der Roggen im Mittel über alle Standorte und Jahre einen Kornertrag von 25,1 dt TM ha^{-1} nach Weizenreinsaaten, 30,0 dt TM ha^{-1} nach Gemenge aus Erbsen und Weizen und 28,5 dt TM ha^{-1} nach Gemengen aus Ackerbohne und Weizen sowie 33,0 dt TM ha^{-1} nach Erbsenreinsaaten und 31,0 dt TM ha^{-1} nach Ackerbohnenreinsaaten. Im Mittel aller Prüfumwelten erzielten die Gemenge mit Ackerbohne mit 484 € ha^{-1} den höchsten Deckungsbeitrag gefolgt von den Ackerbohnenreinsaaten mit 458 € ha^{-1}. Die Gemenge mit Erbse erreichten im Mittel 361 € ha^{-1}, die Weizenreinsaaten 349 € ha^{-1}, während die Erbsenreinsaaten mit 116 € ha^{-1} deutlich abfielen. Dabei waren unterschiedliche Wirkungen an den Standorten zu verzeichnen. Auf lehmigem Sandboden erbrachten die Gemenge mit Erbse den höchsten Deckungsbeitrag. Auf

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen
* Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Landbau/Landespflege, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

dem Standort mit schluffigem Ton waren die Gemenge mit Ackerbohne überlegen (Abb. 1, links). Innerhalb der Ackerbohnengemenge konnte keine Variante als die beste herausgearbeitet werden. Bei den Erbsengemengen waren die Mischsaat bzw. die Variante mit alternierenden Reihen von Vorteil.

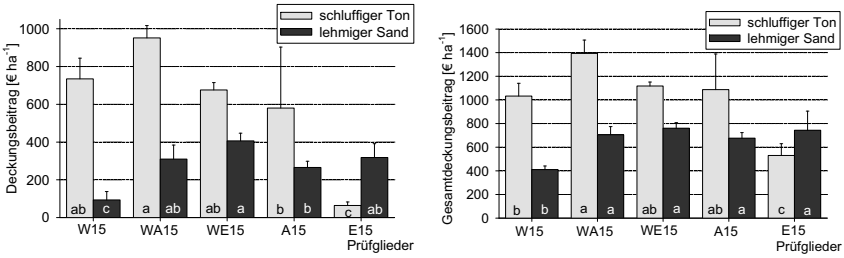


Abb. 1: Beispiel für den Deckungsbeitrag (DB) ausgewählter Varianten an zwei unterschiedlichen Standorten – links: DB der Vorfrüchte im Jahr 2004, rechts: DB über das Fruchtfolgeglied (Vorfrucht + Nachfrucht) 2004/05
Vorfrüchte: W15 = Weizenreinsaat 300 Körner m^{-2}, 15 cm Reihen; WA15 = Weizen-Ackerbohnen-Mischsaat, WE15 = Weizen-Erbse-Mischsaat, A15 = Ackerbohnenreinsaat 30 Körner m^{-2}, 15 cm Reihen, E15 = Erbsenreinsaat 80 Körner m^{-2}, 15 cm Reihen
unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb des Standortes (einfaktorielle ANOVA, $\alpha < 0,05$, Tukey-Test)

Bei den Deckungsbeiträgen über das Fruchtfolgeglied (Vorfrucht + Nachfrucht) erzielten die Ackerbohnenreinsaaten und die Gemenge mit Ackerbohne aufgrund der hohen Vorfruchtwirkung im Mittel aller Prüfumwelten mit 830 und 823 € ha^{-1} die höchsten Deckungsbeiträge. Die Gemenge mit Erbse (704 € ha^{-1}) lagen über die zwei Früchte im Deckungsbeitrag deutlich über den Weizenreinsaaten (629 € ha^{-1}) und den Erbsenreinsaaten (488 € ha^{-1}). Dabei konnten auf schluffigem Tonboden wiederum die Gemenge mit Ackerbohne + der Nachfrucht Winterroggen die signifikant höchsten Deckungsbeiträge erreichen. Auf dem lehmigen Sandstandort erzielten die Gemenge mit Erbse + der Nachfrucht Winterroggen tendenziell die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge der Früchtefolge, die sich aber nur von den Weizenreinsaaten + Nachfrucht Winterroggen signifikant unterschieden (Abb. 1, rechts).

Literatur

HOF-KAUTZ, C., C. HOCHMUTH, K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 2007: Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen. 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 20.-23.03.2007, Hohenheim, 121-124.

KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), 2006: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt.

ZMP, Zentrale Markt- und Preisberichtstelle GmbH, 2005 (2006): Ökomarkt Jahrbuch 2005 (2006). Verkaufspreise im ökologischen Landbau Jahre 2003 (2004) und 2004 (2005). Materialien zur Marktberichterstattung, Band 55 (60), Bonn.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 70–71 (2007)

Auswirkungen unterschiedlicher Aussaatstärkenverhältnisse von Gemengen mit der Schmalblättrigen Süßlupine (*L. angustifolius*) auf den Kornertrag

Herwart Böhm & Arne Bilau

Einleitung

Die Schmalblättrige Süßlupine weist in Reinsaatbeständen aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung oftmals eine erhöhte Verunkrautung auf. Diese kann durch den Gemengeanbau wirkungsvoll reduziert werden (Bilau *et al.*, 2006). Gleichzeitig wurde jedoch festgestellt, dass der Anteil an Schmalblättriger Süßlupine in dem Erntegut von Gemengen bei Aussaatmengen mit jeweils 50% der jeweiligen Reinsaatstärke mit 15-20% recht gering ausfiel (Böhm & Berk, 2006). Aus diesem Grund wurden in den darauf folgenden Feldversuchen die Aussaatstärken zu Gunsten der Schmalblättrigen Süßlupine verändert, um zu überprüfen, ob der Ertragsanteil der Schmalblättrigen Süßlupine erhöht werden kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2005 und 2006 wurden am Standort Trenthorst (Parabraunerde, sL, 50-55 BP, pH 6,5) des Instituts für ökologischen Landbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Anbauversuche zum Gemengeanbau mit der Schmalblättrigen Süßlupine in 4-facher Feldwiederholung (Blockanlage) mit einer Parzellengröße von 41 m² (2,75 x 15,0 m) durchgeführt. In den Gemengen wurde stellvertretend für den endständigen und den verzweigten Typ jeweils eine Sorte [Boruta (SL-E) bzw. Bora (SL-V)] angebaut und mit So-Gerste (SG, Sorte Krona), So-Weizen (SW, Sorte Lavett) und Futtererbsen (FE, Sorte Madonna) in unterschiedlichen Aussaatstärkenverhältnissen von 50% : 50%, 75% : 25% und 62,5% : 37,5% der jeweiligen Reinsaat-Aussaatstärke geprüft. Als Vergleichsparzellen wurden die jeweiligen Reinsaaten mit folgenden Aussaatstärken angebaut: SL-E 130 Kö m^{-2}, SL-V 100 Kö m^{-2}, FE 70 Kö m^{-2}, SG 300 Kö m^{-2} und SW 425 Kö m^{-2}. Zur Bewertung wurde der Kornertrag der Rein- und Gemengesaaten und in den Gemengen die jeweiligen Ertragsanteile der Gemengepartner bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Von den Reinsaaten wiesen die beiden Sommergetreide Gerste und Weizen vergleichbar hohe Erträge wie die Erbsen auf (Abb. 1). Auf deutlich niedrigerem Ertragsniveau lagen die beiden Sorten der Schmalblättrigen Süßlupine, wobei der Ertrag der verzweigten Sorte Bora am niedrigsten ausfiel. Die Erträge der Gemengevarianten mit Getreide und Lupine zeigten zu den Reinsaaten von Gerste, Weizen und Erbsen vergleichbar hohe Erträge. Geringer waren die Erträge der Leguminosengemenge aus Lupinen und Erbsen.

Um den Einfluss der Faktoren Aussaatstärkenverhältnis, Lupinentyp und Gemengepartner besser zu quantifizieren, wurde die weitere statistische Verrechnung nur für die Lupinengemenge mit Getreide durchgeführt. Abzusichern war hierbei der Einfluss des Aussaatstärkenverhältnisses als auch des Lupinentyps. Kein Effekt ging von der Wahl des Gemengepartners, d.h. der Getreideart aus. Zwar konnte der Ertragsanteil der Schmalblättrigen Süßlupine durch die Veränderung des Aussaatstärkenverhält-

Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Email: herwart.boehm@fal.de

nisses von 11,6% (50:50) über 16,5% (62,5:37,5) auf 22,4% (75:25) verdoppelt werden, doch bei weitem wurden keine Leguminosenanteile von 50% erreicht, wie dies aus dem Gemengeanbau von Gerste mit Erbsen oder Ackerbohnen mit Hafer bekannt ist (Böhm & Berk, 2006).

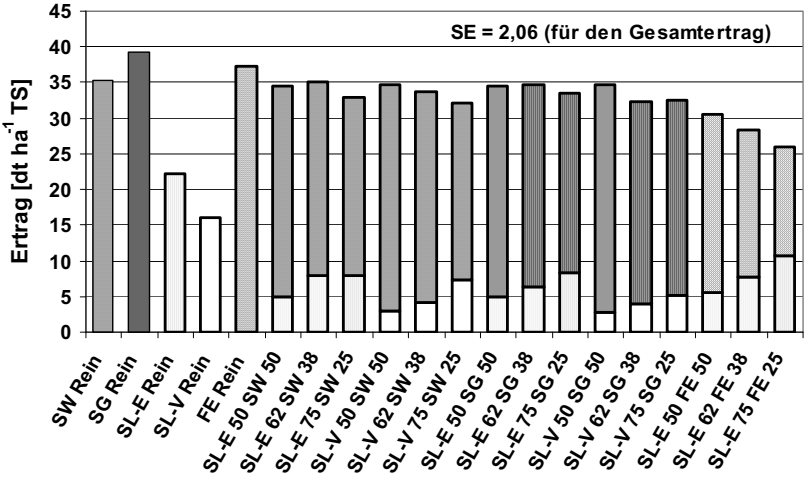


Abb. 1: Ertrag der Reinsaaten und der Gemenge mit der Schmalblättrigen Süßlupine in Abhängigkeit der unterschiedlichen Aussaatstärkenverhältnisse im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre 2005 und 2006 am Standort Trenthorst

Die Ergebnisse zeigen, dass die langsame Jugendentwicklung der Schmalblättrigen Süßlupine und das gleichzeitig hohe Bestockungsvermögen des Getreides nicht zu einer deutlichen Erhöhung der Lupinen-Ertragsanteile führte. Wurde das Aussaatstärkenverhältnis sehr deutlich zu Gunsten der Lupine verschoben, so nahm der Gesamtertrag des Gemenges tendenziell ab. Dies wurde besonders bei den Gemengen von Erbsen und Lupinen deutlich (Abb. 1). Ebenfalls war festzustellen, dass in den Gemengen mit der Sorte des endständigen Lupinentyps (SL-E) höhere Ertragsanteile als mit der Sorte des verzweigten Typs (SL-V) (19,9% vs. 13,8%) realisiert wurden. Allerdings lag das Ertragsniveau von SL-V auch in der Reinsaat um 27,4% niedriger als von SL-E.

Literatur

Bilau, A.; Böhm, H.; Gerowitt, B. (2006): Unkrautunterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen mit Blauer Süßlupine (*L. angustifolius*) im Ökologischen Landbau. In: Herrmann A und Taube F (2006): Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **18**, 72-73.

Böhm, H.; Berk, A. (2006): Bewertung ausgewählter Leguminosen- und Leguminosen-Getreide-Gemenge im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Ertragsleistung und des Futterwertes. In: Herrmann A und Taube F (2006): Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **18**, 266-267.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 72–73 (2007)

Untersuchungen zum Trockenmassezuwachs und zur Stickstoffaufnahme von Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.) und Erbsen (*Pisum sativum* L.)

Stefan Wichmann, Masoumeh Farzaneh & Hans-Peter Kaul

Einleitung

Die Fähigkeit, atmosphärischen Stickstoff (N) über die Symbiose mit Knöllchenbakterien zu binden, ist eine der wichtigsten Eigenschaften der Körnerleguminosen. Dabei ist die fixierte N_2-Menge, neben den generellen Wachstumsbedingungen der Leguminose, entscheidend abhängig von der N-Nachlieferung des Standortes während der Vegetationsperiode, wobei eine hohe N-Verfügbarkeit die N_2-Fixierungsleistung reduziert (KESSEL & HARTLEY, 2000).
Übergeordnetes Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist eine modellhafte Beschreibung des Wachstums von Körnerleguminosen und deren N_2-Fixierungsleistung in Abhängigkeit von der N-Nachlieferung aus dem Boden. Aufbauend auf älteren Ertragsevaluierungen (WICHMANN et al. 2005) vom selben Standort wurden als Leguminosen Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.) und Körnererbsen (*Pisum sativum* L.) gewählt. Vorgestellt werden im folgenden ersten Ergebnisse zum Trockenmassezuwachs und zur Stickstoffaufnahme der genannten Leguminosen während der Vegetationsperiode im Vergleich zur nicht-legumen Referenzpflanze Hafer (*Avena sativa* L.).

Material und Methoden

Das Experiment wurde im Jahr 2006 auf der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Marchfeld, Niederösterreich, 156 m NN, ∅-Jahrestemperatur 9,8 °C, ∅-Jahresniederschlag 546 mm, Parabraunerde-Tschernosem, schluffiger Lehm (uL)) mit den Versuchsfaktoren Leguminosenart (Kichererbsen (KI) vs. Körnererbsen (KE) und N-Düngermenge (0 bzw. 100 kg N ha^{-1} zur Saat) angelegt. Als Referenzpflanzen zur Bestimmung der aus dem Boden nachgelieferten N-Menge diente Hafer (HA). Die Aussaat erfolgte Anfang April und die Ernte Mitte bis Ende Juli. Während der Vegetationsperiode wurden an 6 Terminen in einem Intervall von 2-3 Wochen Probenschnitte händisch durchgeführt. Start der Probenahme war am 5. Mai. Die Bestimmung der Trockenmasse erfolgte gravimetrisch. Die N-Gehalte des Pflanzenmateriales wurden nach Vermahlung am N-Analysator (LECO) gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Trockenmassezuwächse und der N-Aufnahmen von KI, KE und HA in Abhängigkeit von der N-Düngung. Die höchsten TM-Erträge mit 1570 g TM m^{-2} wurden von der mit 100 kg N gedüngten Referenzfrucht Hafer erzielt, die dabei ca. 20 % höher lag im Vergleich zur ungedüngten Hafer-Variante. Unter Berücksichtigung der hohen Güte des Tschernosem-Standortes Groß-Enzersdorf in Verbindung mit ausreichenden Frühjahrsniederschlägen und moderaten Temperaturen im Jahr 2006 realisierte der nicht mit N gedüngte Hafer ein relativ hohes Ertragsniveau (Kornertrag für HA, 0 kg N = 5,7 t ha^{-1}).

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

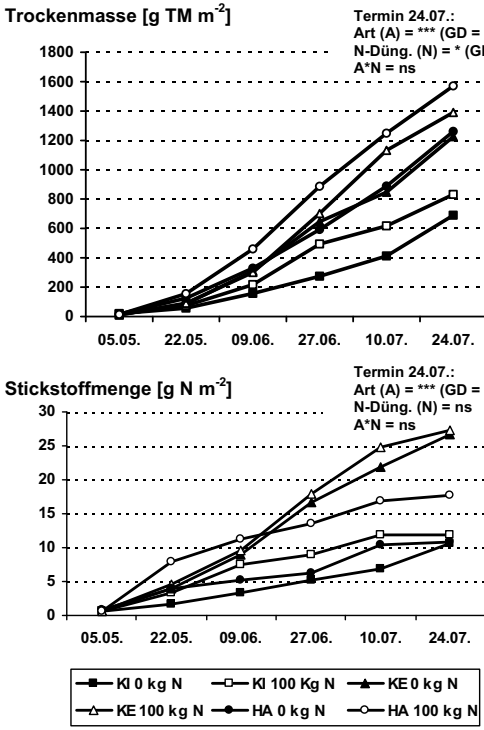


Abb. 1: Trockenmassezuwachs und N-Aufnahme von Kichererbsen (KI), Körnererbsen (KE) und Hafer (HA) in Abhängigkeit von der N-Düngung (0 kg N vs. 100 kg N ha^{-1} zur Saat).

Für die gewählten Leguminosenarten zeigte sich eine deutliche Überlegenheit der Körnererbsen (KE) gegenüber den Kichererbsen (KI). Am letzten Beprobungstermin (24.07) erreichten die KE ein um ca. 40-44% höheres Ertragsniveau (1225-1390 g TM m^{-2}) als die KI (690-831 g TM m^{-2}). Dementsprechend lagen die Kornerträge der KE mit ca. 4,4 t ha^{-1} doppelt so hoch wie für die KI (2,2 t ha^{-1}). Bezüglich der N-Düngung konnte bei den Leguminosen eine ertragssteigernde Wirkung festgestellt werden, die sich jedoch insbesondere bei der N-Aufnahme zum Ende des Untersuchungszeitraums weniger deutlich abzeichnete als bei den vorausgegangenen Beprobungsterminen. Die dabei erzielten N-Mengen der Leguminosen reichten von 10,6-12,0 g N m^{-2} für KI bis 26,7-27,2 g N m^{-2} für KE. Der nicht mit N gedüngte HA lag bei 10,8 g N m^{-2} im Vergleich zum gedüngten HA mit 17,8 g N m^{-2}.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass, begründet durch das hohe Ertragspotential insbesondere in Jahren mit ausreichenden Niederschlägen, auf dem untersuchten Standort sowohl Körnererbsen als auch Hafer den Kichererbsen überlegen sind. Daraus folgt, dass für die letztlich im Rahmen des Projektes angestrebte Bestimmung der N_2-Fixierungsleistung die ^{15}N Isotopenverdünnungsmethode eingesetzt werden sollte, was im Projekt auch vorgesehen ist, weil sonst bei Anwendung der Differenzmethode unter Berücksichtigung der Referenzfrucht Hafer für Kichererbsen unrealistische negative N_2-Fixierungsleistungen festgestellt werden würden.

Literatur

KESSEL, van C. & C. HARTLEY, 2000: Agricultural management of grain legumes. Has it led to an increase in nitrogen fixation? Field Crop Res., **65**, 165-181.

WICHMANN, S., H. WAGENTRISTL & H.-P. KAUL, 2005: Der Anbau von Kichererbsen im Vergleich zu Körnererbsen und Sojabohnen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **17**. 28-29.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 74–75 (2007)

Kalkulation der N_2-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau

Britta Jost, Knut Schmidtke* & Rolf Rauber

Einleitung

Bei der Bilanzierung der N-Flüsse können N-Überschüsse im Ackerbau erkannt und Maßnahmen zu deren Minderung und zur Vermeidung umweltbelastender N-Emissionen eingeleitet werden. Die Höhe der N2-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau einer Leguminose hängt stark vom Angebot an bodenbürtigem Stickstoff ab. Daher muss zur Erzielung genauer Schätzergebnisse das standort- und jahresspezifische Boden-N-Angebot Eingang finden. Hierzu wurde ein bundesweites Monitoringsystem zur Erfassung des bodenbürtigen N-Angebotes beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau aufgebaut. Diese Daten fließen in ein weiter entwickeltes Kalkulationsverfahren ein, das in den zurückliegenden Jahren erarbeitet wurde (Schmidtke 2001, Jost 2003, u.a.).

Material und Methoden

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf jeweils 22 über Deutschland verteilte ökologisch bewirtschaftete Körner- und Futterleguminosenschläge nichtlegume Referenzpflanzen parallel zu den Leguminosen etabliert. Dadurch sollte das standortspezifische Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden in der Vegetationsperiode erfasst werden. Die Referenzflächen sollten für unterschiedliche Standortbedingungen repräsentativ sein und in der Fruchtfolge praxisübliche Stellungen der Futter- und Körnerleguminosen abbilden (weitere Angaben s. Jost et al. 2007). Dargestellt werden hier nur die Ergebnisse des Projektteils Körnerleguminosen.

Ergebnisse und Diskussion

Anhand vorliegender Daten aus Feldversuchen (Jost 2003) kann gezeigt werden, dass sich der Einfluss des Boden-N-Angebotes auf die Boden-N-Aufnahme bei Ackerbohnen über die zeitgleich am Standort gewachsene Referenzpflanze Hafer mit R^2 = 0,41 abbilden lässt (Abb. 1). Zum Erntetermin II akkumulierte der Hafer in der Vegetationsperiode

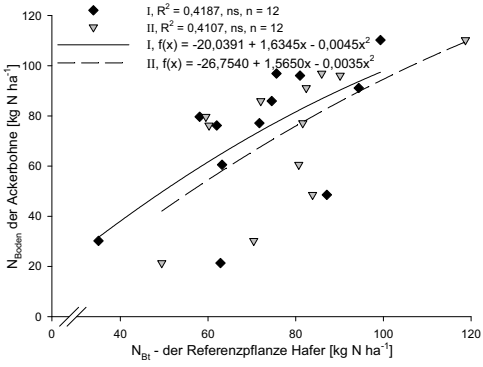


Abb. 1: Regression der mittels stabiler N-Isotope geschätzten gesamtpflanzlichen N-Aufnahme der Ackerbohne aus dem Boden auf die gesamtpflanzliche N-Menge (N_{Bt}) eines zeitgleich am Standort gewachsenen Hafers, geerntet zu BBCH 79 (I) und zu BBCH 89 (II) der Erbse (Daten aus Jost 2003)

Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen
* Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

Tab 1: Spross-N-Erträge des Hafers auf 11 Standorten zum Erntezeitpunkt der Grünspeiseerbse (I), Körnererbse (II) und Ackerbohne (III); AZ: Ackerzahl

			Spross-N [kg ha^{-1}]	
Standorte	AZ		2005	2006
Güterfelde	31	II	51	--
		III	58	--
Buchholz	32	I	65	16
		II	63	26
		III	59	--
Bad Kreuznach	35	I	103	82
		II	88	130
		III	78	103
Osnabrück	36	I	--	49
		II	--	66
		III	42	75
Gülzow	38	I	89	--
		II	106	--
		III	73	--
Deppolds-hausen[(1)]	46	I	75	74
		II	90	79
		III	--	94
Kiel	60	I	49	63
		II	54	64
		III	--	31
Alsfeld	61	I	--	103
		II	89	126
		III	--	114
Roda	66	I	104	77
		II	86	85
		III	113	84
Köln	68	I	--	117
		II	52	108
		III	--	116
Reinshof[(1)]	89	I	81	129
		II	93	116
		III	--	101

[(1)] Standorte bei Göttingen

2005 auf den Standorten zwischen 51 und 106 kg N ha^{-1} (BBCH 89 der Körnererbse) und im Versuchsjahr 2006 zwischen 26 und 130 kg N ha^{-1} (Tab. 1). Die Abnahmen der festgestellten N-Mengen zum Erntezeitpunkt III werden als Verluste nach der Totreife interpretiert. Die Erhebungen zum bodenbürtigen N-Angebot im ökologischen Landbau zeigen, dass beim Anbau von Körnerleguminosen große, bewirtschaftungsbedingte Unterschiede vorlagen. Im Kalkulationsverfahren fließen daher Kenngrößen wie Vorfrucht und Düngung zur Vorfrucht ein. Über die Angabe des erzielten Kornertrages der Körnerleguminose kann auf die gesamtpflanzliche N-Akkumulation der Leguminose geschlossen werden (Jost 2003, Jost et al. 2007). Hiervon wird im Kalkulationsverfahren die auf den einzelnen Ackerschlag bezogene, geschätzte bodenbürtige N-Aufnahme der Körnerleguminose abgezogen, um die symbiotisch fixierte N-Menge der Körnerleguminosen zu ermitteln. Das bodenbürtige N-Angebot, das den Ackerbohnen in den Jahren 2005 und 2006 standortbezogen zur Verfügung stand, wird im Rahmen des Kalkulationsverfahrens gestützt auf die in Tab. 1 ermittelten Daten, über die Abfrage der Ackerzahl des betreffenden Schlages, der Verunkrautung des Bestandes und der vorfrucht-/düngebedingten N-Nachlieferung des Bodens geschätzt. Hierbei fließt ein Jahresbasiswert ein, entsprechend der geringsten N-Aufnahme des Hafers, die an einem der untersuchten Standorte im betreffenden Jahr vorlag. Dieser Wert lag im Jahr 2005 bei 51 kg N ha^{-1} (Güterfelde, Tab. 1). Bei guten Standortbedingungen (Ackerzahl 75 bis 100) und sehr hohem vorfrucht-/düngebedingten N-Angebot im Boden würde nach dem Kalkulationsverfahren der Ackerbohne eine bodenbürtige N-Menge in Höhe von max. 106 kg N ha^{-1} zur Verfügung stehen (Gülzow, Tab. 1). Die Kalkulationsverfahren sind als Eingabemaske übersichtlich gestaltet und stehen unter www.isip.de zur Verfügung. Wir bedanken uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Kooperationsstellen sowie bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

Literatur

Jost, B., 2003: Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N_2-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *L. luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Universität Göttingen.

Jost, B., Schmidtke, K. & Rauber, R., 2007: Kalkulation der N_2-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hohenheim, 13-16.

Schmidtke, K., 2001: Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dez. 2001), 1-234.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 76–77 (2007)

Einfluss des B-Wertes auf die Schätzgenauigkeit des Anteils Stickstoff aus der Luft (Ndfa) von Leguminosen bei Anwendung der δ^{15}N-Methode

Rüdiger Jung & Rolf Rauber

Einleitung

Die δ^{15}N-Methode (natural abundance) ist ein anerkanntes Schätzverfahren zur Ermittlung der symbiotisch fixierten N-Menge beim Anbau von Leguminosen. Während des Prozesses der symbiotischen N_2-Fixierung wird das schwerere Isotop ^{15}N gegen das leichtere Isotop ^{14}N diskriminiert (Högberg, 1997). Für die Berechnung des Anteils N aus der Luft in der Leguminosenbiomasse (Ndfa in %) unter Anwendung der δ^{15}N-Methode (Shearer & Kohl, 1986) wird diese Isotopenfraktionierung durch Einführung eines Korrekturwertes (B-Wert = $\delta^{15}N_B$) neben den Isotopensignaturen für die Leguminose und die Referenzpflanze berücksichtigt:

$$\% \text{ Ndfa} = [(\delta^{15}N_{\text{Referenzpflanze}} - \delta^{15}N_{\text{Leguminose}}) / (\delta^{15}N_{\text{Referenzpflanze}} - \delta^{15}N_B)] * 100 \quad (1)$$

Der B-Wert kann durch Gefäßversuche ermittelt werden, wobei der Leguminose lediglich Luft-N als einzige N-Quelle zur Verfügung steht (Bergersen & Turner, 1983). Ferner werden Resultate aus Freilandversuchen genutzt, um den B-Wert zu bestimmen (Doughton et al., 1992; Hansen & Vinther, 2001; Okito et al. 2004).

Material und Methoden

Theoretische Modellergebnisse, die auf Gleichung 1 basieren, werden vorgestellt. Vergleichend werden Literaturdaten zum Einfluss des B-Wertes auf Ndfa beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb.1 wird der Einfluss theoretischer B-Werte auf Ndfa dargestellt. Der δ^{15}N-Wert der Leguminose wird konstant mit +2,0 ‰ veranschlagt. Die fünf B-Werte variieren zwischen +1,0 ‰ und -1,0 ‰. Gültige Ndfa-Werte zwischen 0 und 100 % sind an folgende Bedingungen geknüpft: a) $\delta^{15}N_B < \delta^{15}$N der Leguminose sowie b) δ^{15}N der Leguminose < δ^{15}N der Referenzpflanze. Die Ergebnisse für Ndfa beim Vergleich der höchsten und niedrigsten B-Werte zeigen die höchsten Differenzen (bis zu 27 %-Punkte) im Bereich zwischen 3 und 5 ‰ für die δ^{15}N-Werte der Referenzpflanze. Je höher der δ^{15}N-Wert der Referenzpflanze, desto geringer werden die Differenzen für Ndfa.

Die Literaturdaten für drei Futterleguminosen (Tab.1) zeigen hohe Variationsbreiten hinsichtlich des B-Wertes (-3,93 bis +3,69 ‰). Negative δ^{15}N-Werte überwiegen. In der Mehrheit stammen die Daten aus Gefäßversuchen. Eine theoretische Beispielrechnung für Weißklee: Unter der Voraussetzung, dass die δ^{15}N-Werte von Leguminose und Referenzpflanze 0 ‰ bzw. 5 ‰ betragen, ergibt der niedrigste B-Wert aus Tab.1 (-3,93 ‰) einen symbiotisch fixierten N-Anteil von 56 %, während ein höherer B-Wert (-0,70 ‰) in einem Luft-N-Anteil von 88 % resultiert. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung des B-Wertes für die Schätzgenauigkeit von Ndfa. Die Ursachen für die Differenzen im B-Wert beruhen insbesondere auf den eingesetzten Rhizobienstämmen, den untersuchten Pflanzenteilen (Spross, Wurzel) sowie auf den Methoden (Gefäß- oder Freilandversuch). Darüber hinaus gibt es Hinweise auf Sortenunterschiede bei Rotklee (Jung, 2003).

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

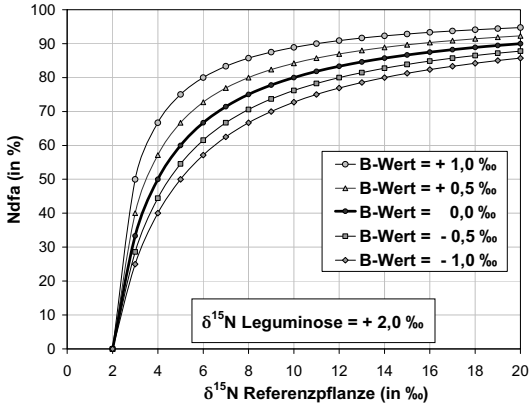


Abb.1: Ndfa (%) in Abhängigkeit vom B-Wert bzw. der Isotopensignatur der Referenzpflanze bei gleichzeitig konstanter Isotopensignatur der Leguminose (+ 2,0 ‰). Die Berechnung erfolgte anhand der δ^{15}N-Methode.

Uneinigkeit herrscht hinsichtlich der geeigneten Methode zur Ermittlung des B-Wertes. Die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Gefäßversuchen auf Freilandversuche ist in diesem Rahmen kritisch zu bewerten, zunächst jedoch unverzichtbar. Spezielle Freilandmethoden zur Ermittlung des B-Wertes (Okito et al., 2004) sind sehr aufwendig und müssen zudem unter Bedingungen der gemäßigten Klimazone evaluiert werden.

Tab.1: Auswahl von Literaturdaten für die B-Werte dreier Leguminosenarten.

Art	Sorte	**δ^{15}N in ‰ (B-Wert)**	untersuchter Pflanzenteil	Quelle
Rotklee ***Trifolium pratense***	Heges Hohenheimer	**+ 2,43**	Spross	Schmidtke, 1997
	Florex	**- 0,15**	Spross	Allahdadi et al., 2004
	Titus	**- 0,67**	Spross	Jung, 2003
		- 0,58	Wurzel	
	Betty	**- 1,30**	Spross	Carlsson et al., 2006
		- 0,90	Gesamtpflanze	
	Wildtyp aus Grünland	**- 1,58**	Spross	Klatt, 2007
Weißklee ***Trifolium repens***	Milkanova	**+ 1,20**	Gesamtpflanze	Høgh-Jensen & Schjoerring, 1994
	Grasslands Huia	**- 1,47**	Spross	Ledgard, 1989
		+ 2,54	Wurzel	
	Milkanova	**- 0,70**	Spross	Neuendorff, 1996
	Undrom	**- 1,70**	Spross	Carlsson et al., 2006
		- 1,00	Gesamtpflanze	
	Wildtyp aus Grünland	**- 1,78**	Spross	Klatt, 2007
	Haifa	**- 3,93**	Spross	Riffkin et al., 1999
Luzerne ***Medicago sativa***	Hunter River	**+ 3,69**	Spross	Turner & Bergersen, 1983
	Saranac	**- 0,24**	Spross	Allahdadi et al., 2004
	Franken neu	**- 1,12**	Spross	Jung, 2003
		- 0,86	Wurzel	
	Trifecta	**- 3,01**	Spross	Hossain et al., 1995

Literatur

Carlsson, G.; C. Palmborg und K. Huss-Danell 2006: Discrimination against ^{15}N in three N_2-fixing *Trifolium* species as influenced by Rhizobium strain and plant age. Acta Agricult. Scand. Sec. B 56: 31-38.

Okito, A.; B.R.J. Alves; S. Urquiaga und R.M. Boddey 2004: Isotopic fractionation during N_2 fixation by four tropical legumes. Soil Biol. Biochem. 36: 1179-1190.

Eine ausführliche Literaturliste ist beim Autor erhältlich.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 78–79 (2007)

Beziehung zwischen dem täglichen Zuwachs des Rübenkörpers und klimatischen Faktoren in einem Zuckerrübenfeld

Remy Manderscheid, Andreas Bramm* & Hans-Joachim Weigel

Einleitung

In einem früheren CO_2-Anreicherungsversuch mit Zuckerrüben (Manderscheid et al., 2005) wurde unter erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentration ein vorzeitiger Abfall des grünen Blattflächenindex im Spätsommer beobachtet. Außerdem war die durch die CO_2-Anreicherung verursachte Wachstumszunahme unerwartet gering und erreichte erst bei Schattierung der Pflanzenbestände ein Ausmaß, wie man es erwarten würde. Diese Phänomene wurden damit erklärt, dass bei steigender Temperatur die Assimilationsrate durch mehr CO_2 gefördert wird, gleichzeitig aber die Wachstumsrate des Rübenkörpers abfällt wie Kenter et al. (2006) anhand von 2-wöchigen destruktiven Rübenernten bei Feldversuchen nachgewiesen haben. Im hier vorgestellten Feldversuch wurde die potentielle Temperaturabhängigkeit des Rübenwachstums mit einem elektronischen Dendrometer überprüft, das eine höhere zeitliche Auflösung ermöglicht. Nach Maupas et al. (2003) gibt es eine enge Beziehung zwischen dem Durchmesser und der Frischmasse einer Rübe.

Material und Methoden

Zuckerrübenpflanzen der Sorte „*Kassandra*“ wurden auf einem Versuchsfeld der FAL unter praxisüblichen Bedingungen angebaut. Auf den Rübenkörper wurde ein elektronisches Dendrometer mit einer Messgenauigkeit von 7µm (von der Firma UP GmbH) montiert und die Messwerte mit einem Datenlogger registriert. Die Klimawerte wurden vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt, dessen Messfeld wenige hundert Meter daneben lag.

Die Witterungsbedingungen im Jahre 2006, in dem die Messungen durchgeführt wurden, waren gekennzeichnet durch einen extrem warmen und strahlungsintensiven Juli (Monatsmitteltemperatur 22,4°C), gefolgt von einem kühlen und regenreichen August (Monatsmitteltemperatur 16,0°C). Die sonnige Witterung im September führte zu einem ähnlich hohen Globalstrahlungsmittel wie im Vormonat und das Temperaturmittel lag sogar etwas höher (17,5°C). Neben der Feldbewässerung wurden einige der untersuchten Pflanzen bei Bedarf, der mit Hilfe von TDR-Sonden ermittelt wurde, zusätzlich bewässert. Die vorgestellten Wachstumsdaten stammen überwiegend von solchen Pflanzen.

Ergebnisse und Diskussion

Augrund der extremen Witterungsbedingungen und technischer Probleme kam es zweimal zu Engpässen bei der Wasserversorgung und die Pflanzen litten sichtbar unter der Trockenheit. Nach der Beregnung des Versuchsfeldes Anfang Juli und Anfang August wurde an den Folgetagen kurzfristig ein sehr großer Wachstumsschub mit täglich (24h) bis zu 3 mm Durchmesserzuwachs beobachtet. Die hier dargestellten Resultate wurden einige Tage danach registriert.

Institut für Agrarökologie
* Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, FAL, 38116 Braunschweig

Abbildung 1 zeigt einen typischen Tagesverlauf des Rübendurchmessers mit einer anfänglichen Zunahme, einer „Schrumpfung“ am Nachmittag und einer anschließenden Wiederaufnahme des Wachstums.

Im folgenden werden die täglichen (0-24h) Zuwächse betrachtet. Mit Hilfe der Messdaten vom Juli konnte die Beobachtung von Kenter et al. (2006) bestätigt werden, dass das Rübenwachstum bei hohen Temperaturen abfällt (Abb. 2). Überraschend war die Feststellung, dass der diurnale Rübenzuwachs ab Ende August auf ein wesentlich niedrigeres Niveau abfiel (Abb. 3), was bis zum Oktober anhielt.

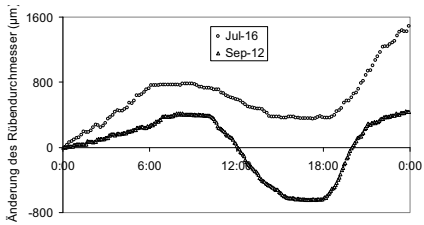


Abb. 1: Tagesgang des Rübendurchmesser

Mehrere untersuchte Einzelpflanzen zeigten alle relativ ähnliche mehrtägige Zuwachsschwankungen (Abb. 3). Ein Vergleich mit den Klimawerten deutet daraufhin, dass das Rübenwachstum nach einem strahlungsarmen oder kühlen Tag abfällt.

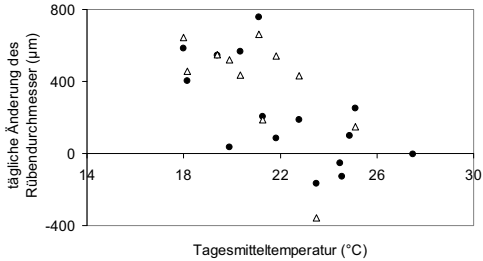
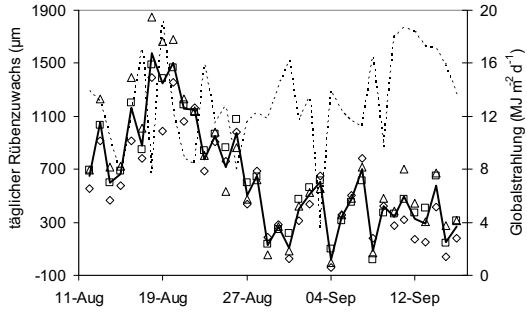


Abb. 2: Korrelation zwischen der Temperatur und dem Rübenzuwachs im Juli. Die Punkte sind Mittelwerte von jeweils drei Rüben (Messwerte mit Dreieck etwas mehr bewässert als solche mit Punkt)

Abb. 3: Wachstum von drei Rüben im Spätsommer mit Globalstrahlung (gestrichelte Linie).

Die Daten bestätigen den Abfall des Rübenwachstums bei hohen Temperaturen und weisen zusätzlich auf eine endogene Wachstumsreduktion im Spätsommer. Dies stützt unsere Annahme, dass das Rübenwachstum senkenlimitiert sein kann (Manderscheid et al., 2005) und daher der CO_2-Düngeeffekt kleiner ausfällt als bei einem quellenlimitierten Wachstum.



Literatur

Kenter, C, Hoffmann ,C.M., and Märländer, B., 2006: Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). Eur. J. Agron. 24, 62-69.

Manderscheid, R., Pacholski, A., und Weigel, H.-J. 2005: Hinweise auf eine Senkenlimitierung des Wachstums von Zuckerrüben unter erhöhter atmosphärischer CO_2-Konzentration. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 365-366.

Maupas, F., Duval, R., Cariolle, M., Postel, P., Carrera, A., Gennerat, L., Lemoine, Y. and Zaborowski, A., 2003 : A non destructive method for studying the growth of sugar beet roots. Advances in Sugar Beet Research, IIRB vol. 5, 63-70.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 80–81 (2007)

CO_2-Austauschraten von Zuckerrübenbeständen unter unterschiedlicher atmosphärischer CO_2-Konzentration und Stickstoffversorgung: Ergebnisse eines Freiland-Experiments

Stefan Burkart, Remy Manderscheid & Hans-Joachim Weigel

Einleitung

Die photosynthetische Kohlenstoffassimilation ist die Grundlage pflanzlicher Biomassebildung. Sie reagiert unmittelbar auf den Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentration. Angesichts der zu erwartenden Änderungen des chemischen und physikalischen Klimas der Erde rückt die photosynthetische CO_2-Assimilation ganzer Bestände ins Zentrum des Interesses. Zuckerüben sind trotz weggefallener Preisbindung? wichtige Feldfrucht für die Ernährung und Gewinnung regenerativer Energie. Im Braunschweiger Kohlenstoffprojekt wurde mit einer Freiland-Begasungstechnik über einer ortsüblichen Fruchtfolge eine Atmosphäre simuliert, wie sie vorraussichtlich im Jahre 2050 vorliegen wird (550 ppm CO_2, Free-Air-Carbon-Dioxide-Enrichment = FACE) Zur Simulation extensiver Anbaubedingungen wurde gleichzeitig auf Teilflächen die Stickstoffdüngung halbiert. Mit einem Kammersystem wurden die CO_2-Flüsse der Fruchtfolgeglieder auf Bestandesebene erfasst. Ziel der Untersuchung war die quantitative Erfassung der CO_2-Flüsse und ihre Reaktion auf natürliche Schwankungen der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR, µmol m^{-2} s^{-1}) unter verschiedener CO_2-Konzentration und N-Versorgung.

Material und Methoden

Während zweier Fruchtfolgen wurden auf einen Versuchsfeld Zuckerrüben unter Variation der atmosphärischen CO_2-Konzentration mittels eines Freilandbegasungssystems (ambient, 380 ppm; erhöht, 550 ppm, Weigel & Dämmgen 2000) und der Stickstoffversorgung (150 und 80 kg ha^{-1}) angebaut. Das Boden-, Nährstoff- und Pestizid-Management wurde nach der ortsüblichen Praxis durchgeführt. Die CO_2-Austauschraten (CCER, µmol m^{-2} s^{-1}) der Bestände wurden mit einem dynamischen Kammersystem (Burkart et al. 2007) während der Hauptwachstumsphase kontinuierlich erfasst. Die Daten wurden ausgewertet im Hinblick auf Behandlungseffekte auf die saisonalen Mittel von CCER und Strahlungsnutzungseffizienz (RUE, mol C mol^{-1} PAR) sowie auf die Reaktion von CCER auf PAR.

Ergebnisse und Diskussion

Gemittelt über die Hauptwachstumsphase stimulierte die CO_2-Anreicherung CCER und RUE um bis zu 60%. Die Halbierung der N-Düngung reduzierte CCER nur um 10% und hatte keine Auswirkungen auf RUE.

Für beide Versuchsjahre (2001 und 2004) wurden Perioden jeweils nach Bestandesschluss und Ende August gewählt. Während dieser Perioden folgte CCER den Schwankungen von PAR im Tagesverlauf. Die Beziehung zwischen CCER und PAR war kurvilinear, ohne eine Sättigung zu erreichen. Mit den Daten von 6 aufeinanderfolgenden Tagen wurden aus dieser Beziehung die anfängliche Steigung und die maximale CCER (PAR $\geq$ 1100 µmol m^{-2} s^{-1}) bestimmt. Die CO_2-Anreicherung erhöhte die anfängliche Steigung in geringerem Ausmaß als die saisonalen Mittel

Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, T. ++531-596-2546, stefan.burkart@fal.de, http://www.aoe.fal.de

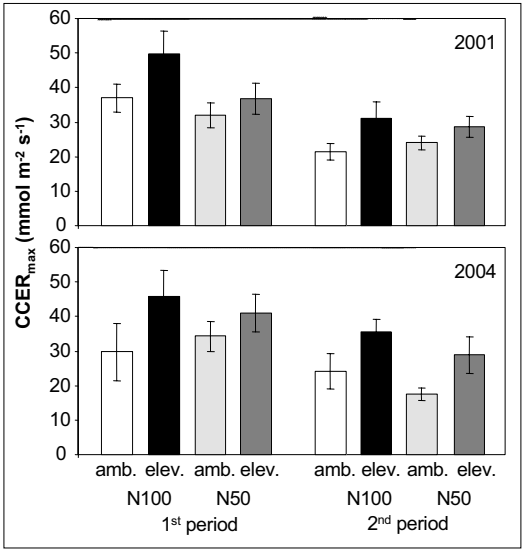


Abb. 1:
Maximale Bestandesphotosyntheseraten von Zuckerrüben (Starklichtbedingungen, PAR ≥ 1100 µmol m^{-2} s^{-1}) unter verschiedenen atmosphärischen CO_2-Konzentrationen (amb.: ambient 370 ppm; elev. 550 ppm) und unterschiedlicher Stickstoffversorgung (N100: optimal; N50: 50% des Optimums) zu Bestandesschluss (1st period) und zur 2. Augusthälfte (2nd period). Mittelwerte ± Standardabweichung. $9 \leq n \leq 39$.

von CCER und RUE. DieN-Versorgung beeinflusste weder die Steigungen noch deren Reaktion auf CO_2, reduzierte jedoch die maximale CCER. Obwohl es keine substantiellen Unterschiede in der Summe der eingefallenen Strahlung zwischen den Perioden und Jahren gab, war sowohl die tägliche als auch die maximale CCER in den späteren Perioden deutlich geringer als bei Bestandesschluss, bei einer etwas geringeren Reaktion auf die CO_2-Anreicherung. Eine Wechselwirkung von CO_2 und N-Versorgung auf die maximale CCER d.h. eine geringere Reaktion auf die CO_2-Anreicherung unter N-Mangel gab es in beiden Versuchsjahren vor allem bei Bestandesschluss. Diese Befunde, vor allem die geringere CCER im August, stellen ein indeterminates Rübenwachstum in Frage.

Literatur

Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H.J., 2007. Design and performance of a portable gas exchange chamber system for CO2- and H2O-flux measurements in crop canopies. Environmental and Experimental Botany, in press.

Weigel, H.J., Dämmgen, U., 2000. The Braunschweig Carbon Project: Atmospheric flux monitoring and free air carbon dioxide enrichment (FACE). Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik 74, 55-60.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 82–83 (2007)

Freilanduntersuchungen (FACE) zu Rückkoppelungseffekten zwischen zukünftigen atmosphärischen CO_2-Konzentrationen und Wasserhaushaltsgrößen in Maisbeständen

Remy Manderscheid, Enrico Nozinski & Hans-Joachim Weigel

Einleitung

Der sich abzeichnende Klimawandel hat die Nachfrage nach regenerativen Energiequellen verstärkt. Als Folge hat der Anbau von Energiepflanzen wie Mais mit dem Hauptzeil der technischen Energienutzung zugenommen. Der für die Zukunft prognostizierte Temperaturanstieg ist für den Maisanbau förderlich insbesondere in nördlichen Anbauregionen. Die gleichzeitige Abnahme der Sommerniederschläge kann jedoch zu einer Wachstumsminderung durch Trockenstress führen. Dies könnte möglicherweise durch den Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentration kompensiert werden, denn mehr CO_2 führt zu einer Verringerung der stomatären Leitfähigkeit bei C_4-Pflanzen wie Mais. Im Rahmen eines vom BMBF finanzierten Forschungsprojekts (LANDCARE 2020) soll unter anderem dieser Frage nachgegangen werden. In einem Freiland-CO_2-Anreicherungsversuch mit unterschiedlicher Wasserversorgung soll die zukünftige Wasserersparnis der Maispflanze bei erhöhter CO_2-Konzentration sowie die damit verbundene Abmilderung von Trockenstress genauer untersucht werden.

Material und Methoden

Die Silomaissorte „Romario“ wurde unter praxisüblichen Bedingungen auf einem Versuchsfeld der FAL mit sandig lehmiger Parabraunerde und niedriger Feldkapazität (ca. 100 mm) angebaut. In einem 2-faktoriellen Versuchsansatz soll der Einfluss unterschiedlicher CO_2- (heutiger Wert und erhöht auf 550 ppm) und Wasserversorgung (ohne und mit sommerlichem Trockenstress) auf das Pflanzenwachstum untersucht werden. Mit Hilfe eines Freiland-CO_2-Anreicherungssystems (FACE) wird die atmosphärische CO_2-Konzentration auf drei kreisförmigen Versuchsflächen (20 Meter Durchmesser) auf 550 ppm erhöht. Drei weitere Kreisflächen ohne Begasung fungieren als Kontrollflächen. Einer der beiden Halbkreise dient als gut bewässerte Variante und die Bodenfeuchte wird mit einem Tropfbewässerungssystem stets auf über 50% nFK gehalten. Im anderen Halbkreis soll eine sommerliche Trockenperiode durch Weglassen der Zusatzberegnung oder bei nassen Witterungsverhältnissen durch Regenausschluss simuliert werden. Um den horizontalen Wasseraustauschs zwischen dem feuchten und trocken Halbkreis zu minimieren, wurde eine wasserundurchlässige Trennfolie eingebracht.

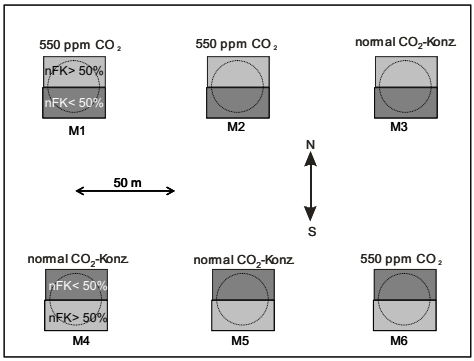
Zur Erfassung der CO_2-Wirkung auf den Wasserhaushalt des Bestandes wird die Transpiration auf Einzelblattebene (Blattgaswechselmessungen) und Einzelpflanzenebene (Saftflussmessung) sowie das Bestandesklima (Lufttemperatur und relative Feuchte) und die Bodenfeuchte gemessen. Letztere wird mit TDR-Sonden in unterschiedlichen Tiefen aufgezeichnet. Außerdem soll an ausgewählten Terminen die Durchwurzelung in unterschiedlichen Bodentiefen quantifiziert werden. Zur Analyse der Behandlungseffekte auf das Pflanzenwachstum wird der saisonale Verlauf der Strahlungsaufnahme durch den grünen Bestand gemessen sowie durch mehrere

Institut für Agrarökologie, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

destruktive Pflanzenernten die Entwicklung der grünen Blattfläche und der oberirdischen Biomasse.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Anordnung der drei Kontrollringe mit Umgebungsluft und der drei Kreisflächen mit CO_2-Anreicherung sowie die Verteilung der beiden Bewässerungsvarianten innerhalb der 6 Versuchsflächen auf dem ca. 10 Hektar großen Maisfeld.



Die feuchte Witterung im Frühsommer sorgte zunächst für eine hohe Bodenfeuchte in allen Bewässerungsvarianten (nFK > 60%). Durch die Installation von Regenauffangvorrichtungen im Laufe des Juli soll versucht werden einen Trockenstress herbeizuführen.

Abb. 1: Verteilung der drei Kreisflächen mit CO_2-Begasung sowie der Kontrollflächen mit den zugehörigen Bewässerungsvarianten innerhalb eines Maisversuchsfeldes.

Erste Messwerte zum Bestandesklima in der zweiten Junihälfte als der Blattflächenindex bereits bei 2 lag weisen auf wärmere und trockenere Bedingungen unter erhöhter CO_2-Konzentration (Abb. 2). Dies sind erste Anzeichen für eine Transpirationsminderung unter CO_2-Anreicherung.

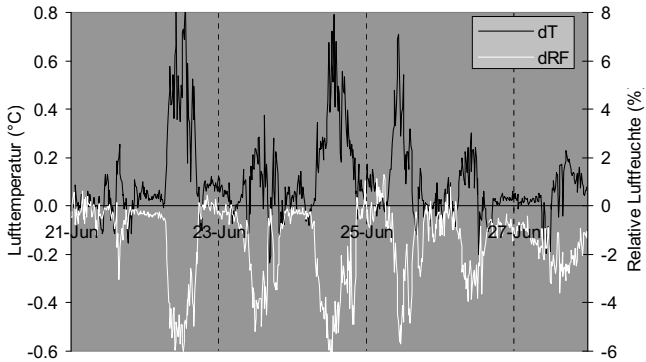


Abb. 2: 7-tägiger Verlauf der Differenzen in Temperatur (dT) und relativer Feuchte (dRF) zwischen Maisbeständen mit hoher und normaler CO_2-Konzenration.

Danksagung

Das Projekt wird gefördert durch BMELV und BMBF.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 84–85 (2007)

Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von ökologisch bewirtschafteten Luzernebeständen im Trockengebiet Ostösterreichs

Gabriele Pietsch, Jürgen K. Friedel, Thomas Rinnofner, Alexandra Strauss-Sieberth* & Willibald Loiskandl*

Einleitung

Futterleguminosen sind im Ökologischen Landbau für die Versorgung der Fruchtfolge mit Stickstoff und des Bodens mit Kohlenstoff unverzichtbar. Unter den pannonischen Standortbedingungen im Osten Österreichs übernimmt Luzerne diese Funktion. Die Trockenfestigkeit und langjährige Leistungsdauer der Luzerne beruhen auf ihrer Fähigkeit, durch dass weitreichende Wurzelsystem Wasser aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen. Aufgrund der hohen Biomassebildung und der bei überjährigen Beständen langen Vegetationsperiode hat die Luzerne dennoch einen hohen Wasserverbrauch. Im Trockengebiet Ostösterreichs ist die Niederschlagsverteilung und die absolute Niederschlagsmenge der limitierende Wachstumsfaktor für die Kulturpflanzen. Die landwirtschaftliche Praxis benötigt Sorten, die gute Biomasse- und Stickstofferträge trotz der trockenen Witterungsbedingungen liefern. Angaben über den Wasserverbrauch und die Wassernutzungseffizienz von Luzerne sind jedoch nicht in den Sortenlisten angeführt.

Material und Methoden

In einem 2-jährigen Feldversuch auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen im Marchfeld (Raasdorf: langjähriges Mittel 9.8 °C, 520 mm) der Universität für Bodenkultur Wien wurden intensive Bodenwasserhaushaltsmessungen unter vier in der Untersuchungsregion verbreiteten Luzerne-Sorten durchgeführt. Der Wasserverbrauch und die Wassernutzungseffizienz (Evapotranspirationskoeffizient; ETC) der Luzerne im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr wurden mit zwei unterschiedlichen Methoden abgeschätzt. Die aktuelle Evapotranspiration (ETa) der Leguminosen wurde mit einer erweiterten Methode nach Penman-Monteith (Smith et al., 1992; erweitert von Bodner et al. 2007) berechnet, in der Wasserstress in der oberen Bodenschicht durch vermehrte Wasseraufnahme aus tieferen Bodenschichten kompensiert wird. Die benötigten klimatischen Größen wurden von einer Wetterstation der BOKU am Standort aufgezeichnet. Weitere Eingangsparameter für diese Modellrechnung waren die Wuchshöhe und maximale Durchwurzelungstiefe der Pflanzen sowie die nutzbare Feldkapazität auf Parzellenniveau. Als zweite Methode wurde durch Umformen der Wasserbilanz-Gleichung nach Ehlers (1997) die Evapotranspiration (ET) der Luzerne-Sorten aus der Summe des Niederschlags abzüglich der Veränderung des Bodenwasservorrats im Bodenprofil (0-120 cm) für Zeiträume ohne Sickerung berechnet. Der Oberflächenabfluss wurde vernachlässigt, da die Fläche nahezu eben ist. Die Messung des Bodenwassergehalts erfolgte mittels Divinerrohrsonden bis in eine Bodentiefe von 120 cm (Messung alle 10 cm) in allen Versuchsparzellen. Zusätzlich wurde die Richtung der Wasserbewegung anhand der

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien; gabriele.pietsch@boku.ac.at
* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien

Wasserspannung des Bodens mit Tensiometern in 120 und 160 cm Tiefe sowie Watermarksensoren in 10 und 30 cm Tiefe erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die geschätzte Evapotranspiration der Luzerne-Sorten zeigte eine gute Übereinstimmung beider Methoden in den zwei Hauptnutzungsjahren (z.B. 2. HNJ 2006: Abb. 1). Es wurden keine statistisch absicherbaren Unterschiede in Evapotranspiration und Evapotranspirationskoeffizient zwischen den geprüften Luzerne-Sorten festgestellt (Tab. 1).

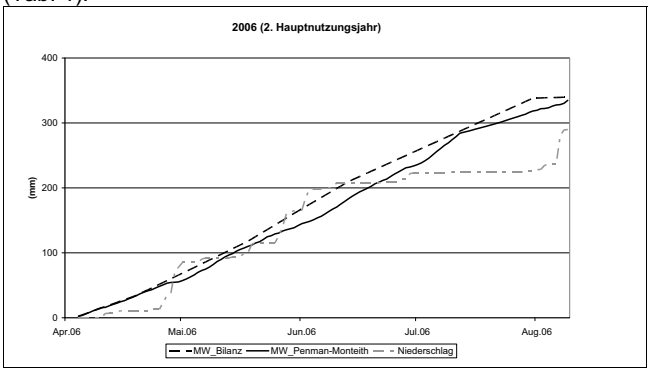


Abbildung 1: Mittelwert Evapotranspiration aller Luzerne-Sorten von April bis August im 2. Hauptnutzungsjahr 2006

Tabelle 1: Evapotranspiration und Evapotranspirationskoeffizient der geprüften Luzerne-Sorten von April bis August im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr

Jahr	Sorte	ET BIL (mm)	ET PM (mm)	ETC BIL (L kg^{-1})	ETC PM (L kg^{-1})
2005 (1. HNJ)	Vlasta	335	356	805	862
	Tango	374	361	808	778
	Sitel	334	362	701	763
	Verko	302	345	659	760
2006 (2. HNJ)	Vlasta	343	334	585	569
	Tango	347	337	557	534
	Sitel	356	335	645	608
	Verko	322	334	644	666

HNJ: Hauptnutzungsjahr; ET: Evapotranspiration; BIL: Bilanzmethode nach Ehlers (1997); PM: Methode nach Penman-Monteith (Bodner et al. 2007); ETC: Evapotranspirationskoeffizient

Literatur

Bodner, G., Loiskandl, W., Kaul, H.-P. 2007. Cover crop evapotranspiration under semi-arid conditions using FAO Dual Crop Coefficient Method with water stress compensation. Agricultural Water Management, in press.

Ehlers, W. 1997: Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. Pflanzenbauwissenschaften 1 (3): 97-108.

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

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 86–87 (2007)

Die Substratpools der Respiration von Deutsch Weidelgras

Christoph Lehmeier, Fernando A. Lattanzi, Melanie Wild, Rudi Schäufele & Hans Schnyder

Einleitung

Photosynthetisch assimilierter Kohlenstoff (C) wird zum Aufbau verschiedener organischer Substrate verwendet, die sich hinsichtlich ihrer biochemischen und funktionellen Identität unterscheiden und einem „Turnover" unterliegen. Ein großer Teil des C wird bei der Respiration wieder freigesetzt. Mit der vorliegenden Studie soll die Frage geklärt werden, welche Substratpools an der Respiration beteiligt sind.
Pflanzen von Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.) wurden über verschieden lange Zeiträume $^{13}CO_2/^{12}CO_2$ markiert, gefolgt von Messungen der Isotopensignatur des von Spross und Wurzel respirierten CO_2. Die so erhaltenen Markierungskinetiken des respirierten CO_2 wurden mittels kompartimenteller Modelle analysiert, was einen Rückschluss auf Anzahl und Eigenschaften jener Substratpools erlaubte, die hauptsächlich an der Respiration von Spross und Wurzel beteiligt waren.

Material und Methoden

Deutsch Weidelgras Pflanzen wurden einzeln in Röhren angezogen, auf zwei Klimakammern mit konstanten Umweltbedingungen verteilt (Temperatur 20ºC, rel. Feuchte 85%, kontinuierliche Beleuchtung mit 275 µmol m^{-2} s^{-1} PPFD, 360 ppm CO_2) und alle 3 Stunden mit Nährlösung versorgt. Beide Kammern waren Teil eines $^{13}CO_2/^{12}CO_2$-Gaswechselmessungs- und Markierungssystems (Schnyder et al. 2003) und unterschieden sich nur hinsichtlich der C-Isotopenzusammensetzung des CO_2 ($\delta^{13}C$ -1.7‰ bzw. -28.8‰). Nach Bestandesschluss wurden zufällig ausgewählte Pflanzen markiert, indem sie von einer Kammer in die andere transferiert und dort 1, 2, 4, 8 oder 16 Stunden, 1, 2, 4, 8, 12, 17 oder 25 Tage belassen wurden. Danach wurden die Pflanzen aus den Kammern genommen und in eine Respirationsanlage überführt (Lötscher et al. 2004), wo sowohl die Rate als auch die isotopische Zusammensetzung des von Spross und Wurzel respirierten CO_2 während 6 Stunden aufgezeichnet wurde. Solche Messungen wurden auch an nicht-markierten Pflanzen durchgeführt. Danach wurden die Pflanzen geerntet und getrocknet, und Aliquote der Proben auf ihren C-Gehalt untersucht. Die Anteile des C im respirierten CO_2, die vor (f_{alt}) und nach (f_{neu}) der Markierung assimiliert wurden, ergaben sich wie folgt (siehe Schnyder et al. 2003): $f_{alt} = (\delta_m - \delta_{neu}) / (\delta_{alt} - \delta_{neu})$, und $f_{neu} = 1 - f_{alt}$, wobei δ_m die isotopische Zusammensetzung des respirierten CO_2 einer markierten Pflanze ist und δ_{alt} und δ_{neu} jene von Pflanzen, die ständig in der Ursprungs- ($_{alt}$) bzw. Markierungskammer ($_{neu}$) gehalten wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Markierungskinetiken von Spross- und Wurzelrespiration waren sehr ähnlich (Abb. 1). Die kompartimentelle Analyse zeigte in beiden Organen die Beteiligung von vier Substratpools mit deutlich unterschiedlichem Turnover. Mit dem abgeleiteten Poolmodell (Abb. 2) konnten die Kinetiken simuliert und die Pools charakterisiert werden. Es zeigte sich, dass die Halbwertszeiten der Substratpools für Spross- und Wurzelrespiration praktisch identisch waren (Tab. 1). Es scheint also, dass die bei-

Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, 85350 Freising
email: schnyder@wzw.tum.de

den Organe von denselben Pools, bzw. Pools mit gleicher biochemischer Identität versorgt wurden. Durch Vergleich mit den Halbwertszeiten bekannter Stoffklassen und Pools konnten Vermutungen über die stoffliche Identität der verschiedenen respiratorischen Pools angestellt werden (Tab. 1).

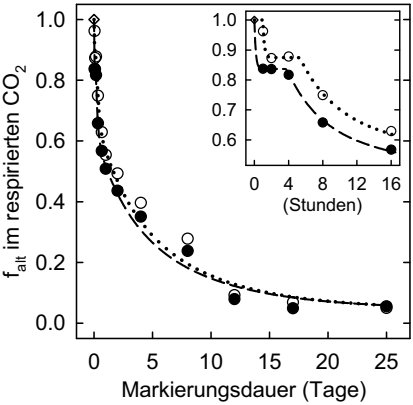


Abb. 1: Markierungskinetik der Spross- (●) und Wurzelrespiration (o).
f_{alt}: Anteil nicht-markierter C im respirierten CO_2, n=4-6. Die Modellsimulationen sind als gestrichelte (Spross) und gepunktete (Wurzel) Linien dargestellt.

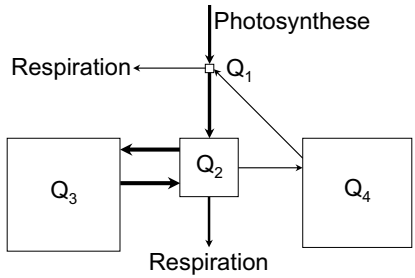


Abb. 2: Kompartimentmodell der respiratorischen Substrate von Deutsch Weidelgras.
Die Größe der Quadrate zeigt die relative C-Verteilung auf die Substratpools, die Pfeilstärke zeigt die relativen C-Flüsse des respiratorischen Systems.

Darüber hinaus zeigte die kompartimentelle Analyse, dass die beiden Speicherpools (Q_3 und Q_4) quantitativ eine mindestens ebenso große Bedeutung als Substrat für die Respiration hatten, wie die beiden schnell markierten Pools (Q_1 und Q_2). Auch in dieser Hinsicht waren Spross und Wurzel sehr ähnlich.

Tab. 1: Halbwertszeit verschiedener Substratpools und ihr Beitrag zur Respiration von Spross und Wurzel (±95%-Konfidenzintervall).

Pool	Spross		Wurzel		mutmaßliche Identität
	$t_{1/2}$ (h)	Beitrag (%)	$t_{1/2}$ (h)	Beitrag (%)	
Q_1	0.1 ± 0.0	17.1 ± 0.3	0.1 ± 0.0	13.1 ± 0.3	photosynth. Primärprod.
Q_2	2.9 ± 0.3	27.7 ± 8.6	3.0 ± 0.1	27.1 ± 8.6	Transportsaccharose
Q_3	19.9 ± 1.4	44.7 ± 9.6	19.4 ± 0.2	50.2 ± 9.6	Vakuoläre Saccharose
Q_4	86.7 ± 5.1	10.5 ± 3.3	81.8 ± 2.6	9.5 ± 3.3	Proteine

Literatur

Lötscher M., Klumpp K. und H. Schnyder 2004: Growth and maintenance respiration for individual plants in hierarchically structured canopies of *Medicago sativa* and *Helianthus annuus*: the contribution of current and old assimilates. New Phytologist 164: 305-316.

Schnyder H., Schäufele R., Lötscher M. und T. Gebbing 2003: Disentangling CO_2-fluxes: direct measurements of mesocosm-scale natural abundance $^{13}CO_2/^{12}CO_2$ gas exchange, ^{13}C discrimination, and labelling of CO_2 exchange flux components in controlled environments. Plant, Cell and Environment 26: 1863-1874.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 88–89 (2007)

Computation of vernalization requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) using an additive phenological model

Valluru Ravi, Johanna Link & Wilhelm Claupein

Introduction

Winter annual species (including wheat) require vernalization (cold units) to `switch-on´ flowering, because of presence of certain floral repressors in the plant. The need for cold temperatures (around 0-5 °C) in the switch to flowering is conceived to stabilize certain physiological characteristics and trigger the activity of a set of biochemical components that are antagonistic to floral repressors in the plant (Henderson et al., 2003). Vernalization responses are known to exhibit dichotomized plasticity among ecotypes such as early flowering and less leaf number (Liu, 2007). Winter wheat, being a vernalization required cereal, generally acquires sufficient cold units during its vegetative growth under field conditions. In the past, several investigators have developed approaches to quantify vernalization response in wheat by using exponential, three-stage linear and non-linear functions, with an assumption that effect of temperature and photoperiod during vernalization on the progress to flowering could be multiplicative, additive or combination of both. However, non-linear additive models gained importance in view of their generality and being independent from cultivars. This proposed additive phenological model (sigmoidal thresh-hold response) offers quantification of vernalization requirement of wheat genotypes to predict time to flowering and appears sound to fit experimental data of field environments.

Description of the model

The effect of vernalization on crop phenology is assumed to be invisible and confined mostly to post-treatment effects. It generally begins during germination and terminate, once plant accumulates sufficient vernalized units, which is assumed to equal 1 (equation 1) that dispersed during complete vernalization period. The general form of sigmoidal threshold response (Thornley and Johnson, 1990) can be expressed as equation (1), where n is constant, V_d, the cumulative vernalization days, which accumulates a value of 1 if the temperature is optimum or 0 if the temperature is outside the appropriate range. Thus V_d can be calculated by equation (2), where V_r is the daily rate of vernalization (day $^{-1}$), defined by the β function with the cardinal temperatures (T_{min}, T_{opt} and T_{max}, defined as respective low (-1.3), optimum (4.9) and high (15.7)) of vernalization (equation 3).

$$f(V) = \frac{V_{\max}\left[V_d\right]^n}{\left[G_c\right]^n + \left[V_d\right]^n} \qquad (1) \qquad V_d = \sum_{k=1}^{i} V_r \qquad (2)$$

It can be calculated by a function described by Yan and Hunt (1999),

$$V_r = \left[\frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_{\text{opt}}}\right]\left[\frac{T}{T_{\text{opt}}}\right]^{\frac{T_{opt}}{T_{\max} - T_{opt}}} \qquad (3) \qquad V_{\max} = 1 + \left[\frac{G_c{}^n}{2G_c{}^n}\right] \qquad (4)$$

Institute for Crop Production and Grassland Research, University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany

where V_r = 0 if T < T_{min} or if T > T_{max}; it will be maximum if T = T_{opt}. $V_{max,}$ the maximum value when V_d approached ∞. The function of vernalization F(V) approaches to V_{max} only V_d approaches ∞. Then V_{max} can be calculated as a function of (equation 4; Liu, 2007). G_c is genotypic character, which denotes longer durations required for vernalization if G_c is larger, if it is 0, no vernalization required. So that when V_d = $2G_{c,}$ F(V) = 1. Thus $2G_c$ defines the maximum duration required for completion of vernalization.

Model validation and future outlook

In our study, we considered n = 5 for calculation of V_{max}, thus yielded 1.03125 (V_{max}). Proceeding as above generates a family of curves (Figure 1) that can take form of a Michaelis-Menten rectangular hyperbola when n = 1 and there is no point of inflexion. As n increases the sigmoidal behaviour becomes more and more pronounced, until in the limit n → ∞. This proposed phenological model measures the accumulation of vernalized units' on daily basis, based on existing cold units with additive effects of temperatures and photoperiod under field conditions, thus allow hypothesizing the days actually required to acquire complete vernalization of a genotype.

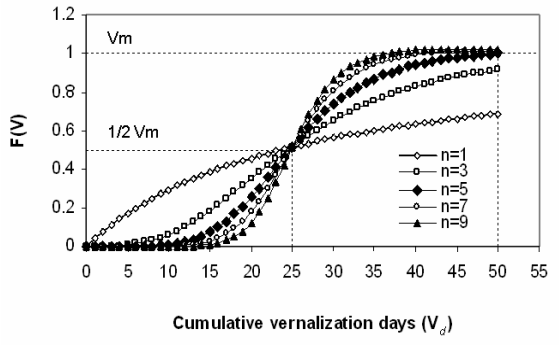


Figure 1
Hypothesized accumulated vernalized units on daily basis by integrating additive effects of temperature and photoperiod during vernalization. Perfect sigmoidal curve can be seen when n = 5, through which, vernalization requirement is conceived to attain. The day ½ V_m can be regarded as time to half-vernalization.

This model can be integrated in future studies to quantify vernalization requirement in terms of days, thus allow categorizing genotypes by calculating its degree of sensitiveness to vernalization, and distinguishes between vernalization and non-vernalization plants. In addition, differential time to flowering intrigued by vernalization requirement could thus be used in the analysis of functional and biochemical aspects, emphasizing yield potentiality, which is a part of our future studies.

References

Henderson, IR., Shindo, C., dean, c., 2003: The need for winter in the switch to flowering. Annu Rev Genet 37: 371-392

Liu, DL., 2007: Incorporating vernalization response functions into an additive phonological model for reanalysis of the flowering data of annual pasture legumes. Field Crops Research 101: 331-342

Thornley, JH., Johnson, IA., 1990: Plant and Crop Modelling: A mathematical approach to plant and crop physiology. Oxford Science Publications.

Yan, W., Hunt, LA., 1999: Reanalysis of vernalization data of wheat and carrot. Annals of Botany 84: 615-619

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 90–91 (2007)

Abschätzung des Ertragspotenzials von Frühjahrs- und Sommermais in der Nordchinesischen Tiefebene

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

Einleitung

Die Nordchinesische Tiefebene (NCP) zählt zu den wichtigsten Maisanbaugebieten in China. In den letzten Jahrzehnten war ein stetiger Anstieg der Maiserträge zu verzeichnen. Seit Ende der 90er Jahre stagnieren diese bei ca. 5000 kg ha^{-1}. Aufgrund einer stetig wachsenden Bevölkerung sowie einer zunehmenden Veränderung der Ernährungsgewohnheiten steigt der Bedarf an Mais in China weiter an. Das gegenwärtig niedrige Ertragsniveau im Vergleich zu anderen Nationen verspricht ein hohes Potenzial für eine weitere Steigerung der Maiserträge. Traditionell wird in der NCP ein intensives Winterweizen (Okt.-Juni) – Sommermais (Juni-Okt.) Double-Cropping-System mit zwei Ernten pro Jahr betrieben. Eine wassersparende Alternative zu diesem System bietet der alleinige Anbau von Frühjahrsmais im Zeitraum Apr.-Okt.. Ziel der vorliegenden Studie war eine vergleichende Abschätzung und Beurteilung des Produktionspotenzials von Sommer- und Frühjahrsmais in der NCP.

Material und Methoden

Eine vergleichende Abschätzung und Beurteilung des Maisproduktionspotenzials erfolgte mit dem in DSSAT V. 4.0 integrierten Model CERES-Maize (Jones et al., 2003). Die Kalibrierung bzw. Validierung des Models wurde mit einem drei- bzw. zweijährigem Datensatz für Sommermais und einem zwei- bzw. einjährigen Datensatz für Frühjahrsmais durchgeführt (Böning-Zilkens, 2004; Binder et al., 2007). Zu den erforderlichen Eingabeparametern zählten allgemeine Produktionsdaten wie z.B. Reihenabstand, Düngung, Bewässerung etc. sowie biotische und abiotische Standortparameter wie z.B. die Bodenparameter Bodentyp, Bodenwassergehalt, Lagerungsdichte, etc. und Wetterdaten (Minimum- und Maximumtemperatur, Niederschlag, Einstrahlung). Die benötigten Daten wurden auf der Versuchsstation Dongbeiwang in der Nähe von Peking (40,0° N, 116,3° O) erhoben.
Zur Durchführung der Simulationen für die gesamte NCP wurden der gleiche Bodentyp (Calcaric Cambisol soil), sowie die gleiche Sommer- bzw. Frühjahrsmaissorte verwendet. Sowohl für Sommer- als auch für Frühjahrsmais betrug die Aussaatstärke 7 Pflanzen m^{-2} und der Reihenabstand 0,7 m. Die räumliche und zeitliche Variation des Klimas wurde durch die Verwendung von bis zu 30 Jahren an Wetterdaten von 14 gleichmäßig über die NCP verteilten Wetterstationen berücksichtigt (Abb. 1). Durch die räumliche Variation des Klimas verzögerte sich die Aussaat von Süd nach Nord. Die Aussaattermine variierten daher zwischen dem 06. Juni und 24. Juni für Sommermais und dem 05. April bis 05. Mai für Frühjahrsmais. Aufgrund der in den Sommermonaten konzentrierten Niederschläge ist häufig keine Bewässerung des Sommermais erforderlich. Um jedoch auch in trockenen Jahren einen sicheren Feldaufgang zu gewährleisten, wurde bei der Simulation nach der Aussaat eine Bewässerung in Höhe von 50 mm berücksichtigt. Frühjahrsmais wurde mit insgesamt

Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstraße 23, Universität Hohenheim, Germany
* China Agricultural University, Department of Agronomy (243), Yuan Mingyuan West Road 2, 100094 Beijing, P.R. China

140 mm bewässert (90 mm nach der Aussaat, 50 mm 50 Tage nach der Aussaat). Überstaubewässerung wurde praktiziert, weshalb die Nutzungseffizienz mit 0.50 angenommen wurde. Die Stickstoffdüngung zu Sommermais betrug 140 kg N ha^{-1}, aufgeteilt auf zwei Gaben (50 kg N ha^{-1} 20 Tage nach der Aussaat + 90 kg N ha^{-1} 50 Tage nach der Aussaat). Eine einmalige Gabe in Höhe von 70 kg N ha^{-1} zu Frühjahrsmais erfolgte 50 Tage nach der Aussaat. Die Ergebnisse der Simulation wurden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) verknüpft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Kalibrierung und Validierung des Models zeigten eine gute Übereinstimmung zwischen simulierten und gemessenen Erträgen (Tab. 1).

Die durchschnittlichen Erträge über die gesamte NCP lagen bei 5800 kg ha^{-1} für Sommermais und 6600 kg ha^{-1} für Frühjahrsmais. Insgesamt nahmen die Erträge von Nordost nach Südwest ab. Trotz einer längeren Vegetationsperiode des Frühjahrsmais (165 Tage) im Vergleich zu Sommermais (110 Tage) waren die Ertragsunterschiede je nach Region relativ gering (Abb. 1). Im Mittel wurde eine Differenz von 800 kg ha^{-1} erzielt. Hauptursache für die niedrigen Erträge beim Anbau von Frühjahrsmais war Wassermangel während der Blüte. Um dies zu vermeiden, wurden zwei Strategien entwickelt. Über die Variation des Aussaatzeitpunktes, sowie die Sortenwahl wurde versucht eine Überschneidung des Blühzeitraums mit der Trockenperiode zu vermeiden. Eine spätere Aussaat und die Verwendung einer spät blühenden Sorte resultierten in einem mittleren Ertragsanstieg von 13 bzw. 18%.

Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse ein hohes Potenzial für die Steigerung der Frühjahrsmaiserträge.

Tab. 1: Ergebnisse der Modelkalibrierung und -validierung für Sommer- und Frühjahrsmais.

		Mittlere Kornerträge (kg TM ha^{-1})			RMSE
		Gemessen	Simuliert	Abweichung	
Sommermais	Kalibrierung	5610	5756	+ 2,6%	316
	Validierung	7562	7752	+ 2,5%	356
Frühjahrsmais	Kalibrierung	9712	9821	+ 1,1%	314
	Validierung	9337	9484	+ 1,6%	340

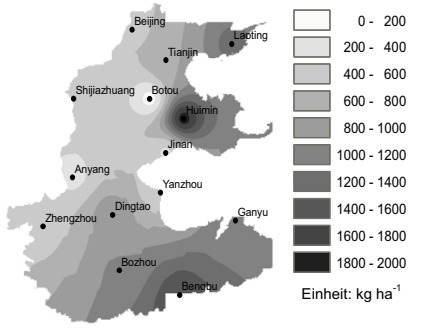


Abb. 1: Durchschnittliche Ertragsunterschiede (kg ha^{-1}) zwischen Sommer- und Frühjahrsmais in der Nordchinesischen Tiefebene.

Literatur

Binder, J.; Graeff, S.; Claupein, W.; Liu, M.; Dai, M.; Wang, P. (2007): An empirical evaluation of yield performance and water saving strategies in a winter wheat - summer maize double cropping system in the North China Plain. German Journal of Agronomy **11**(1), 1-11.

Böning-Zilkens, M.I. (2004): Comperative 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.

Jones, J.W.; Hoogenboom, G.; Porter, C.H.; Boote, K.J.; Batchelor, W.D.; Hunt, L.A.; Wilkens, P.W.; Singh, U.; Gijsman, A.T.; Ritchie, J.T. (2003): The DSSAT cropping system model. Europ. J. Agronomy **18**, 235-265.

International Research Training Group [IRTG] gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG], Förderkennzeichen KG 1070/1

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 92–93 (2007)

Vergleich verschiedener Ansätze zur Modellierung der Nitrataufnahme im Unterboden unter Berücksichtigung heterogener Wurzelverteilung

Michael Kohl, Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Für die Untersuchung des Einflusses heterogener Wurzelverteilung auf die Nährstoffaufnahme werden häufig numerische, mehrdimensionale Simulationsmodelle eingesetzt. Zur Berechnung des Nährstofftransports im Boden werden dabei üblicherweise zwei- oder dreidimensionale Raster verwendet. Insbesondere bei der Betrachtung heterogener Wurzelverteilung kann die Qualität der Simulation durch die gewählte räumliche Auflösung entscheidend beeinflusst werden. Trotz dieser möglichen modellinhärenten Beschränkungen und der zunehmenden Verwendung wurden Qualität und Exaktheit der Modelle bisher nur selten systematisch überprüft.

Ziel der Arbeit ist der Vergleich verschiedener zweidimensionaler Modellierungsansätze hinsichtlich des Einflusses einer veränderten räumlichen Auflösung.

Material und Methoden

Es wurden zwei Modelle (‚2D' und ‚2D-S') entwickelt, die den Nitrattransport durch Diffusion zweidimensional berechnen und sich einzig in der Berechnung des Senkenterms unterscheiden. Im 2D-Modell ergibt sich der Nitratinflux I [mol*s^{-1}*m^{-1}] nach:

$$I(x,y,t) = D_e\left(\frac{C_{(x-1,y)}}{dx}dy + \frac{C_{(x+1,y)}}{dx}dy + \frac{C_{(x,y-1)}}{dy}dx + \frac{C_{(x,y+1)}}{dy}dx\right)$$

wobei C die Nährstoffkonzentration in der flüssigen Phase [mol*m^{-3}], D_e den effektiven Diffusionskoeffizienten [m^2*s^{-1}], dx die Diffusionsstrecke [mm], dy die Gitterweite [mm] und x, y kartesische Koordinaten [m] im zweidimensionalen Raum bezeichnen.

Unter der Annahme, dass die Diffusion in einer quadratischen Senkenzelle mit Seitenlänge dy näherungsweise derjenigen innerhalb eines Zylinders mit dem Durchmesser dy entspricht, wird I im 2D-S-Modell nun für radiale Koordinaten mit dem sog. Einzelwurzelmodellansatz (Baldwin 1973; Nye and Spiers 1964) berechnet nach:

$$I(t) = \frac{\overline{C_l}\,2\pi D_e b}{-\frac{1}{2} + \frac{r_s^{\,2}}{r_s^{\,2} - a^2}\ln\left(\frac{r_s}{a}\right)}$$

wobei a den Radius der Wurzelachse [m], b die Pufferung [-], $\overline{C_l}$ die mittlere Nährstoffkonzentration in der flüssigen Phase [mol*m^{-3}] und r_s den Radius des Zylinders innerhalb der Senkenzelle [m] bezeichnet.

Für den Modellvergleich wurden Nitrataufnahmeraten im ‚Steady-State' als Funktion der räumlichen Auflösung für eine gleichmäßige Wurzelverteilung (Wurzellängendichte L_V=0.1 km*m^{-3}) simuliert und mit Ergebnissen eines analytischen Referenzmodells verglichen (Abb.1). Zusätzlich wurden die prozentualen Abweichungen der Nitrataufnahmeraten für gleichmäßige Wurzelverteilungen (L_V=0.1 km*m^{-3} bzw. 1km*m^{-3}) und für an zwei Terminen gemessene, heterogene vertikale Wurzelverteilungen (L_V=0.57 bzw. 1.29km*m^{-3}, Variationskoeffizient der Einzugsgebiete der Wurzeln CV=146 bzw. 250 %) in der Tiefe von 35-80 cm unter einem Sommergerstenbestand berechnet. (Abb.2).

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel.

Ergebnisse und Diskussion

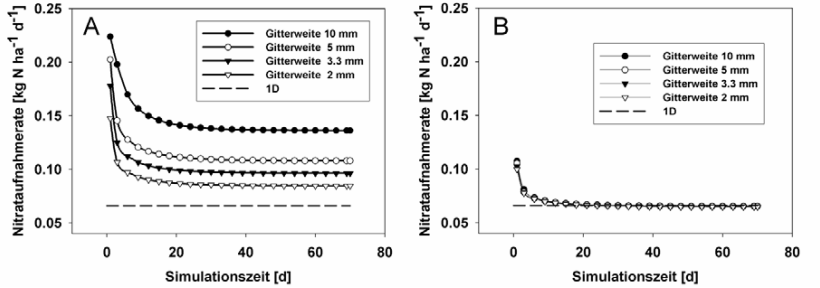


Abb. 1: Zeitverlauf der simulierten Nitrataufnahmeraten bei hexagonaler Wurzelverteilung für verschiedene räumliche Auflösungen für (A) das 2D-Modell und (B) das 2D-S-Modell. Gestrichelte Linie: Nitrataufnahmerate des Referenzmodells.

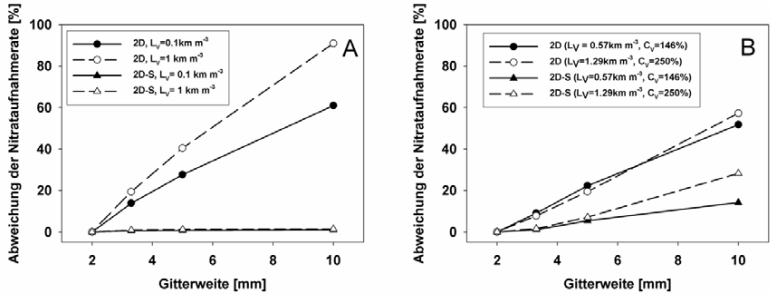


Abb. 2: Abweichung der simulierten Nitrataufnahmerate bei verschiedenen Auflösungen im Verhältnis zur Nitrataufnahmerate bei Verwendung einer Gitterweite von 2 mm für (A) gleichmäßige Wurzelverteilung und (B) heterogene Wurzelverteilungen.

Das *2D-Modell* überschätzt die Nitrataufnahmeraten bei homogener Wurzelverteilung selbst bei sehr hoher räumlicher Auflösung stark (Abb. 1 A) und zeigt durchgängig einen großen Einfluss der räumlichen Auflösung auf die berechneten Nitrataufnahmeraten (Abb. 1 A; Abb. 2). Das *2D-S-Modell* simuliert bei gleichmäßiger Wurzelverteilung Nitrataufnahmeraten, die sich kaum von denen des Referenzmodells unterscheiden (Abb. 1 B; Abb. 2 A). Erst bei heterogener Wurzelverteilung beeinflusst die gewählte Auflösung die berechnete Nitrataufnahmerate. Dieser Einfluss ist aber stets deutlich geringer als beim 2D-Modell (Abb. 2 B).
Die Verwendung des Einzelwurzel-modellansatzes im 2D-S-Modell erlaubt eine deutliche Reduzierung der räumlichen Auflösung. Dennoch ist auch im Falle des 2D-S-Modells bei Modellierung der Nitrataufnahme eines heterogen verteilten Wurzelsystems eine minimale Anzahl von Rasterzellen zwischen den Senken notwendig.

Literatur

Baldwin, J.P., P.H. Nye, P.B. Tinker 1973: Uptake of solutes by multiple root systems form soil. III. A model for calculating the solute uptake by a randomly dispersed root system developing in a finite volume of soil. Plant and Soil (38), 621-635.

Nye, P.H.; J.A. Spiers 1964: Simultaneous diffusion and mass flow to plant roots. In: Trans. 8th Int. Congr. Soil Sci. Rompresfilatelia, Bucharest, Hungary, 535–544.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 94–95 (2007)

Swiss maize landraces – Their early vigour under cool conditions

Roland Peter, Peter Stamp* & Markus Liedgens

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) cultivation in central Europe, in particular in Switzerland, started in the 16th century (c.f. Dubreuil et al., 2006). These early landraces are assumed to belong to the northern flint race and they might have well adapted to the conditions of their small-scale, geographically restricted regions of cultivation. Hence, a typical feature of landraces is a long-term selection by their specific natural environment and the local farmers (Maxted et al., 1997) and a potentially broad genetic variation. This presumably resulted in a high tolerance to several stresses and good yield stability. Actually, the maize cultivation in central Europe is dominated by high yielding modern Dent x Flint hybrid cultivars - often with a still unsatisfactory early vigour in cool spring environments. Thus, improving the early growth of maize is a major breeding goal for sustainable maize cultivation in temperature-limited regions (higher latitudes and altitudes). Due to their favorable early growth traits, Swiss maize landraces have already been used in the first European hybrid-breeding programs. However, the available germplasm collections are not sufficiently described concerning growth characters in early stages under chilling stress conditions.

In this study, important growth pattern and morphological traits of Swiss maize landraces throughout the whole plant development should be assessed in favorable and marginal temperature environments. Furthermore, it was intended to examine whether there is scope for using such locally adapted germplasm to improve early vigour of maize under low temperature stress.

Material and Methods

Eighteen contrasting landrace accessions were selected after a growth chamber and field screening on a maximum of 171 accessions. The selected set encompassed material from northern alpine valleys (Anterior-Rhine-valley, AR; Posterior-Rhine-valley; PR; lower Rhine-valley, RV; Linth-valley, LV), a central alpine valley (Valais, VS), southern alpine valleys (Ticino, TM; Posciavo-valley, PV) and a widely used German landrace ("Gelber Badischer Landmais", 127D). These accessions were compared to a modern hybrid cultivar (Magister, Syngenta Seeds AG, Basel) of approved good early vigour properties. This set has been exhaustively tested at two sites in the Swiss midlands (450 and 550 m a.s.l.) and at two sites in the pre-alpine region (830 and 870 m a.s.l.) for two years. To investigate early vigour and later plant growth, traits like plant emergence percent, efficiency of photosynthesis during chilling temperatures (Fv/Fm), SPAD leaf greenness index, plant dry matter at the three- and six-leaves stage, days to anthesis plant height and final biomass yield were assessed.

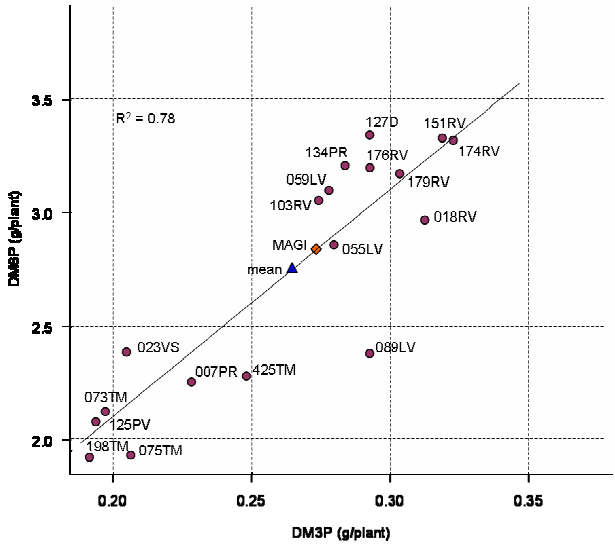
Results and Discussion

A superior early growth, in terms of shoot dry weight by end of the heterotrophic growth (DM3P) and dry weight during the early autotrophic stage (DM6P), was found for the majority of the northern accessions. They clearly exceeded the modern standard hybrid (MAGI) of good early vigour (Fig. 1). On the other hand, southern

Institute of Plant Science, ETH Zurich, Eschikon 33, CH-8315 Lindau
* Institute of Plant Science, ETH Zurich, Universitätsstrasse 2, CH-8092 Zürich

accessions exhibited a significantly lower level of early vigour with respect to shoot dry weight accumulation. Interestingly, this southern material had in most cases a higher percentage of emerged plants than e.g. Rhine-valley accessions (unpublished data). In contrast to results of Blum (1988), working with exotic material, such emergence properties had no beneficial effects on the successive early shoot growth. These and other morphological differences during the generative growth raise the question of the genetic backgrounds of northern and southern landraces as suggested by Eschholz et al. (2006) based on molecular marker analysis.

Fig. 1. Shoot dry matter at the 3-leaves (DM3P) and the 6-leaves stage (DM6P) for 18 landrace accessions (dots) and the standard hybrid MAGI (diamond).



Additionally, the results during the early growth of the neighbouring German landrace (127D) compared well with the northern Swiss accessions. This suggests that desirable early vigour traits could also be harboured in other germplasm collections of central Europe.

It can be concluded that Swiss landrace accessions are valuable genetic resources for early vigour traits of the flint pool, but beneficial effects on later plant growth are low or masked by other shoot traits of the later growth and earliness differences. Additionally, more knowledge is needed about their genetic background with respect to their grouping into the Northern Flint race.

References

Blum, A. 1988: Plant breeding for stress environments. CRC Press Inc., Boca Raton.

Dubreuil, P.; M. Warburton; M. Chastanet; D. Hoisington and A. Charcosset 2006: More on the introduction of temperate maize into Europe: large-scale bulk SSR genotyping and new historical elements. Maydica 51: 281-291.

Eschholz, T.W.; R. Peter; P. Stamp and A. Hund 2006: Swiss Maize Landraces - Their Diversiy and genetic Relationships. Acta Agronomica Hungarica 54: 321-328.

Maxted, N.; B. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes 1997: Complementary conservation strategies. p. 15-40, In: N. Maxted et al., (Eds.): Plant genetic conservation: the in situ approach. Chapman & Hall, London.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 96–97 (2007)

Profile von Wurzeleigenschaften tropischer Maisgenotypen mit unterschiedlicher Trockenheitstoleranz

Markus Liedgens, Nathinee Pa-In*, Andreas Hund* & Peter Stamp*

Einleitung

Das Wurzelsystem ist letztlich für die Wasseraufnahme der Pflanzen verantwortlich, doch seine Reaktionen auf Trockenstress sind nur ungenügend dokumentiert. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit untersuchten wir tropische Maisgenotypen mit kontrastierender Reaktion auf Trockenstress um zu klären ob und in welchem Ausmaß sich die Tiefenprofile morphologischer Wurzelparameter bei guter und limitierter Wasserverfügbarkeit unterscheiden.

Material und Methoden

Im Versuch werden die vier Inzuchtlinien Ac7643 (P1), Ac77290/TZSRW (P2), CML444 und SC-Malawi getestet. P1 stammt aus der Tuxpeño-Population „La Posta“, bringt guten Ertrag unter Trockenheit und hat ein kurzes ASI. P2 hingegen stammt aus der Population „Tuxpeño Caribe“, bringt niedrige Erträge und hat ein langes ASI unter Trockenstress. CML444 wurde mittels rekurrenter Selektion auf ein kurzes ASI und hohen Ertrag unter Trockenheit im südlichen Afrika gezüchtet und zählt zu den tolerantesten CIMMYT-Genotypen. SC-Malawi wurde in den 1960’s Jahren im Südlichen Rhodesien (heute Zimbabwe) entwickelt und bildet moderate Erträge unter Trockenstress. P1 und P2 sowie CML444 und SC-Malawi sind die Elternlinien von vier segregierenden Populationen zur genetischen Kartierung.
Der Versuch bestand aus einer faktoriellen Anordnung der vier Genotypen und zwei Wasserverfügbarkeitsstufen mit 100 % (F) und 25 % (T) des maximalen Wasserspeichervermögens des Substrats (Quarzsand: 0.08-0.2 mm Durchmesser). Der Versuch wurde drei Mal wiederholt und jeder Lauf bestand aus drei Blöcken. Vorgekeimte Samen wurden in Röhren (Höhe: 0.8 m; Durchmesser: 105 mm) verpflanzt. Die Pflanzen wurden bei 28/24°C und 70/60 % relative Luftfeuchtigkeit (Tag/Nacht) sowie einer Photoperiode von 12 Stunden bei 600 µmol cm^{-2} s^{-1} Lichtintensität angezogen und im V5 Stadium (fünf voll entfalteten Blätter) geerntet. Die Wurzeln wurden unter fließendem Wasser vom Substrat getrennt und in acht 100 mm tiefe Profilsegmente aufgetrennt. Die resultierenden Wurzelproben wurden auf einem „Scanner“ ausgebreitet und mit WinRhizo^{TM} verrechnet.
Die Profile der morphologischen Wurzeleigenschaften wurden mit der Funktion gls (Pinheiro & Bates, 2000) in R (The R Development Core Team, 2007) durchgeführt Im Vergleich zur klassischen Regressionsanalyse werden dabei die nicht konstante Varianz und korrelierten Messungen als Teil der Modellformulierung berücksichtigt,.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Ausnahme der Wurzeldurchmesser, ob von axialen (Primär-, Seminal- und Kronenwurzeln) oder lateralen Wurzeln, bedarf es einer logarithmischen Transformation zur Berechnung der Profile der Wurzelparameter (Tab. 1), welche die Konzentration der Wurzeln von Kulturpflanzen im Oberboden widerspiegelt. Alle

Institut f. Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Eschikon 33; CH 8315 Lindau (Schweiz)
* Institut f. Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Universitätstr. 2; CH 8092 Zürich (Schweiz)

Tab. 1: Resultate der Varianzanalyse zur Bestimmung der Tiefenprofile von Wurzelparametern.

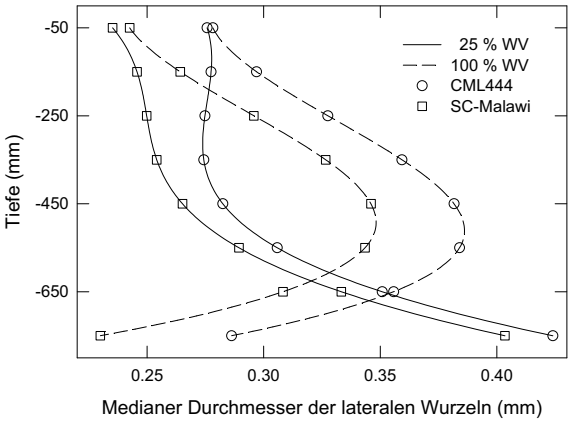
	L_{tot}	L_{ax}	$L_{\%}$	TS	D_{lat}	D_{ax}	$Ax:Lat_L$
Log	x	x	x	x	-	-	x
α	***	***	***	***	***	***	***
W	NS	***	***	***	NS	***	***
G	***	NS	**	**	***	NS	†
T	***	*	***	NS	NS	**	***
T^2	†	NS	†	**	*	NS	NS
T^3	NS	***	NS	***	**	NS	NS
W x G	-	-	-	-	NS	**	-
W x T	***	NS	***	**	NS	***	***
G x T	**	***	**	**	**	***	***
W x T^2	***	†	***	***	***	***	***
G x T^2	**	*	**	-	***	-	***
W x T^3	***	*	***	-	***	***	***
G x T^3	**	-	*	-	-	-	*
W x G x T	-	-	-	-	**	***	-

Log: Zielvariable logarithmisch transformiert; α: W: Wasserverfügbarkeit; G: Genotypen; T: Tiefe; L_{tot}: totale Wurzellänge; L_{ax}: axiale Wurzellänge; $L_{\%}$: relative Wurzellängenverteilung; TS: Trockensubstanz; D_{lat}: medianer Durchmesser der lateralen Wurzeln; D_{ax}: medianer Durchmesser der axialen Wurzeln; $Ax:Lat_L$: Längenverhältnis von axialen und lateralen Wurzeln. †, *, **, ***: signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10, 5, 1 und 0.1 %. NS: nicht signifikant.

Profile der Wurzelparameter können mit Polynomen 3. Grades beschrieben werden. Signifikanzen von Interaktionen der Polynomterme mit den Versuchsfaktoren fallen sehr unterschiedlich aus. Beide Tatsachen deuten darauf hin, dass diese Profile keine einfache funktionale Form haben.

Typischerweise wurden die Profile der Wurzelmerkmale sowohl von den Genotypen als auch durch die Wasserverfügbarkeit beeinflusst. Mit Ausnahme der Durchmesser (D_{lat} unf D_{ax}) besteht keine Interaktion Genotyp x Wasserversorgung. Aber auch für die Wurzeldurchmesser ist die Interaktionswirkung im Vergleich zu den Hauptfaktoren jeweils nur marginal (Abb. 1): z.B. haben SC-Malawi und CML444 bei gleicher Wasserversorgung die lateralen Wurzeln sehr ähnliche Durchmesserprofile, welche sich quantitativ nicht aber qualitativ unterscheiden; die beiden Wasserversorgungsstufen produzieren aber fundamental verschiedene Profile. Folglich spielen adaptive Mechanismen bei den Wurzelsystemen der untersuchten Genotypen für die Trockenheitstoleranz nur eine sekundäre Rolle.

Abb. 1: Tiefenprofile vom Durchmesser lateraler Wurzeln zweier Maisgenotypen bei unterschiedlicher Wasserversorgung (WV).



Literatur

Pinheiro, J. & D. Bates 2000. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS. Springer-Verlag, New York

R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: http://www.R-project.org.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 98–99 (2007)

Eine vereinfachte Schätzung der Wurzellänge von Maisjungpflanzen

Markus Liedgens, Peter Stamp* & Roland Peter

Einleitung

Die Länge ist eine der wichtigsten Eigenschaften eines Wurzelsystems; sie ist ein Maß des Aufnahmevermögen von Nährstoffen und Wasser, widerspiegelt aber auch die Ausdehnung im Bodenvolumen. Die automatische Vermessung mit Hilfe von „Scannern“ und spezieller Software ist heute Standard. Dennoch, die dafür benötigte Aufbereitung einer Probe mit sorgfältiger Ausbreitung und möglichst wenigen Überlappungen der vielen kleinen Segmente ist ein nicht zu unterschätzender Arbeitsaufwand. Bei Mais (*Zea mays* L.) ist der überwiegende Anteil der Wurzellänge in den Lateralwurzeln zu finden, welche sich ausgehend von den Hauptachsen ausbilden. Die Anordnung der lateralen Wurzeln entlang der Hauptachse bildet typischerweise eine dreieckartige Form: viele und lange Wurzeln sind an der Basis der Achse zu beobachten und nehmen stetig zur Achsenspitze ab. Hier wollen wir überprüfen, ob sich die Gesamtlänge einer Maisachsenwurzel (Primär-, Seminal- oder Kronenwurzel) mit einfach zu messenden Parametern schätzen lässt (Regressionsanalyse).

Material und Methoden

Sechs Maisgenotypen (fünf Landrassen und eine Hybride) wurden als Pflanzenmaterial verwendet. Vorgekeimte Samen wurden in Röhren (Länge: 0.6 m; Durchmesser: 0.08 m) mit einem Sand (97.5 %) - Vermikulit (2.5 %) Gemisch (Dichte: 1275 kg m^{-3}) verpflanzt und in Klimakammern angezogen. In den Klimakammern herrschten folgende Bedingungen: Tageslänge: 12 Stunden; photosynthetische Photonenflussdichte: 520 µmol m^{-2} s^{-1}; relative Luftfeuchtigkeit: 60/70 % (Tag/Nacht). Je eine Klimakammer wurde bei 15/13 °C (Tag/Nacht) (tiefe Temperatur) und 23/20 °C (hohe Temperatur) betrieben. Die regelmäßige Zufuhr einer Nährstofflösung sorgte für eine adäquate Versorgung der Pflanzen. Im Dreiblattstadiums (drei vollständig entwickelte Blätter) der Hybride wurden alle Pflanzen geerntet. Die Wurzeln wurden unter fließendem Wasser vom Substrat getrennt, wobei besonders auf die intakte Erhaltung der Achse geachtet wurde. Die Länge der Wurzelachse (A_L) und die entsprechende Länge mit lateralen Wurzeln (A_{LL}) wurden mit einem Lineal gemessen, wobei letztere dann von der Wurzelbasis beginnend in 20 mm lange Segmente unterteilt und die zugehörigen lateralen Wurzeln auf einem „Scanner“ ausgelegt und mit WinRhizo™ vermessen wurden. Die entsprechenden Variablen sind hier mit RL_x bezeichnet (x: Segmentnummer). Zur Schätzung der Regressionsgleichungen ist die Funktion lm() der statistischen Programmierumgebung R (R Development Core Team, 2007) verwendet worden. Ausreißer bei der Residuen Analyse wurden mit der robusten Regressionsfunktion rlm() (Venables & Ripley, 2002) identifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse beschränkt sich auf Achsen mit einer A_{LL} größer als 80 mm (139). Bei kürzeren Wurzelachsen bringt die Schätzung gegenüber der direkten Messung keine

Institut f. Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Eschikon 33; CH 8315 Lindau (Schweiz)
* Institut f. Pflanzenwissenschaften - ETH Zürich - Universitätstr. 2; CH 8092 Zürich (Schweiz)

Zeitersparnis. Um die Regressionsprämissen konstante Varianz und normal verteilte Residuen zu erfüllen, wurden Ziel- und Ausgangsvariablen nach einer visuellen Kontrolle der Daten der Empfehlung von Ruppert & Carroll (1988) folgend logarithmisch transformiert. Die Kombination der beiden ersten Segmente mit lateralen Wurzeln (RL_1 und RL_2) sowie A_{LL} erklären bereits erhebliche 94 % der Variabilität in den Daten. Die Zusätzliche Berücksichtigung von A_L ist für die Schätzung der lateralen Länge einer Achsenwurzel irrelevant.

Tab. 1: P-Werte und Bestimmtheitsmaß verschiedener Regressionsgleichungen zur Schätzung der Lateralwurzellänge an einer Maiswurzelachse.

α	RL_1	RL_2	A_L	A_{LL}	R^2_a
***	***	-	-	-	0.677
***	-	***	-	-	0.813
†	-	-	-	***	0.538
***	-	-	**	-	0.126
*	-	-	NS	***	0.546
***	***	***	-	-	0.933
*	***	-	-	***	0.799
*	***	-	**	-	0.721
**	-	***	-	**	0.840
***	-	***	NS	-	0.810
***	***	***	-	**	0.942
***	***	***	NS	-	0.933
†	***	-	NS	***	0.795
***	-	***	†	***	0.845
***	***	***	NS	**	0.942

α: Achsenabschnitt; A_L: Wurzelachsenlänge; A_{LL}: Wurzelachsenlänge mit Lateralwurzeln; RL_x: Lateralwurzellänge von 20 mm langen Segmenten; R^2_a: erwartungstreues Bestimmtheitsmaß; †, *, **, ***: signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10, 5, 1 und 0.1 %. NS: nicht signifikant.

Die Analyse der Residuen dieses „besten“ Modells zeigt hingegen, dass die Schätzung maßgeblich durch einige Ausreißer bestimmt wird (ca. 10 Messwerte haben ausgesprochen geringe Gewichtung bei einer robusten Regressionsanalyse). Die nähere Untersuchung all dieser Wurzelachsen hat gezeigt, dass diese ohne Ausnahme nicht der oben beschriebenen Anordnung der Lateralwurzeln entlang der Achse entsprechen. In einigen Fällen können aber Messfehler nicht ausgeschlossen werden, z.B. als Folge ungenauer Segmentbildung. Schließt man diese Segmente bei der Bestimmung der Schätzungsgleichung aus erhöht sich R^2_a auf 0.975.

Letztlich interessiert zudem, ob die Schätzungsgleichung von Klassierungsfaktoren abhängig ist. Im aktuellen Datensatz kommen die Maisgenotypen (6), die Temperaturverfahren (2) oder die Wurzeltypen (3) in Frage. Für den aktuellen Datensatz kann davon ausgegangen werden, dass diese Faktoren keinen ernstzunehmenden Einfluss auf die Schätzungsgleichung haben. Diese Faktoren weisen bei individueller Berücksichtigung im oben identifizierten Modell (Parameter: RL_1, RL_2 und A_{LL}, geschätzt ohne potentielle Ausreißer) P-Werte von 0.25 (Wurzeltyp), 0.15 (Temperaturverfahren) und 0.53 (Genotypen) auf. Außerdem ändert sich R^2_a, wenn überhaupt, erst in der vierten Nachkommastelle.

Mit dieser Schätzmethodik konnte gezeigt werden, dass beträchtliche Arbeitsersparnisse bei der Lateralwurzelerfassung für typische Maiswurzelsysteme möglich sind.

Literatur

Carroll, R.J. and D. Ruppert. 1988. Transformation and weighting in regression Chapman & Hall, Ltd. London, UK.

R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: http://www.R-project.org.

Venables, W.N. and B.D. Ripley 2002: Modern Applied Statistics with 4th ed. Springer. New York..

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 100–101 (2007)

Wurzelcharakteristika und Wasserverbrauch unterschiedlicher Pflanzenarten als Begrünungszwischenfrucht im semiariden Produktionsraum

Peter Liebhard, Gernot Bodner & Bernd Kaimbacher

Einleitung

Die positiven Auswirkungen eines Zwischenfruchtanbaues sind vielfach. Die überwiegend ganzjährige Bedeckung des Ackerbodens mit einem Pflanzenbestand und mit dem Verbleiben von Mulchmaterial an der Bodenoberfläche stellt eine der bedeutendsten Maßnahmen für den Erosionsschutz dar. Eine zusätzliche Durch-wurzelung der Krume und die Zufuhr von organischer Substanz bewirkt eine Verbesserung der Aggregatstabilität und erhöht die Nährstoffbereitstellung für die Nutzpflanzen. Aufgrund der höheren Verfügbarkeit von leichtzersetzbarer organischer Substanz werden bodenbiologische Prozesse verstärkt angeregt und in der Folge können auch schwer abbaubare Pflanzenrückstände schneller und effektiver umgesetzt werden. Weiters vermindern Zwischenfrüchte die Nitratauswaschung ins Grundwasser.

Die Erstellung der Zwischenfruchtbegrünung sowie die nachfolgende erforderliche Mulchsaat verursachen teilweise Probleme. Im semiariden Produktionsgebiet kommt es aufgrund längerer Trockenperioden im Sommer und Herbst häufig nur zu einem geringen bzw. verspäteten Aufgang und der Biomasseaufwuchs der Zwischenfrucht ist teilweise nicht befriedigend. Ein üppiger Zwischenfruchtaufwuchs verursacht im semiariden Produktionsgebiet eine höhere Ausschöpfung des Bodenwasservorrates. Für die Folgefrucht steht dann ein vermindertes Bodenwasserangebot zur Verfügung, nachfolgend sind Ertrags- und Qualitätseinbußen möglich.

Material und Methoden

In einem mehrjährigen Feldversuch werden an der Landwirtschaftlichen Fachschule Hollabrunn die Auswirkungen von Begrünungen auf den Bodenwassergehalt beurteilt. Hollabrunn liegt im pannonischen Klimaraum und weist relativ hohe Jahresmitteltemperaturen (9,4°C) und geringe mittlere Niederschläge (491 mm) auf. Der Bodentyp der Versuchsflächen ist ein kalkhaltiges Tschernosemkolluvium mit einem pH von 7,6, einem mittleren Humusgehalt von 1,8 % und hohem Wasserspeichervermögen. Phacelia, Winterwicke, Grünroggen und Gelbsenf wurden als Zwischenfrucht im Vergleich zu Schwarzbrache angebaut.

Am Ende der Vegetationszeit erfolgte die Wurzelprobennahme. Nach dem Auswaschen im Labor wurden sie mit einer Methylenblaulösung eingefärbt und eingescannt. Das Scannen der Wurzeln erfolgte mit Hilfe des Softwareprogramms WinRHIZO 4.1. Die angeführten Daten wurden grafisch dargestellt.

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

Ergebnisse und Diskussion

Abb.1 zeigt den Witterungsverlauf während der Vegetationszeit. Aufgrund der Niederschlagsmengen im Oktober und November war die Biomassebildung der Begrünungen gering. Der oberirdische Aufwuchs und dadurch auch die prozentuelle Bodenbedeckung (Abb. 2) waren bei den Varianten Phacelia und Grünroggen mit rund 40 % am geringsten.

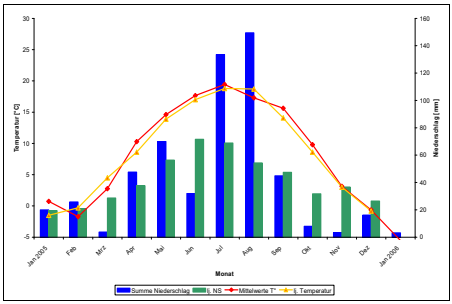


Abb. 2: Temperatur in °C und Niederschlag

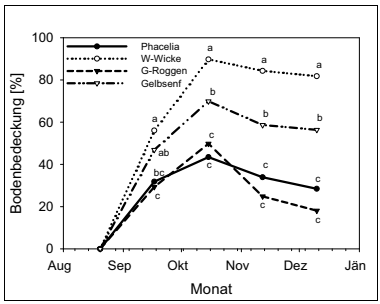


Abb. 3: Bodenbedeckung in %

Von Bedeutung sind Wurzellängen mit einem Durchmesser ≤1,5 mm, da sich ab diesem Durchmesser deutliche Unterschiede zwischen den Fruchtarten ergaben. Aus Abb. 3. ist ersichtlich, dass in einer Bodentiefe von 0 bis 10 cm (10 bis 20 cm) die Wurzeln von Phacelia, Grünroggen und Gelbsenf einen Ø von ≤0,75 mm aufweisen. Hervorzuheben ist der Kurvenverlauf von Winterwicke, höchste prozentuelle Wurzellänge mit ca. 45 % Wurzeldurchmesser ≤0,50 mm.

Mit zunehmender Bodentiefe vermindert sich die Wurzeloberflächendichte. In der Oberkrume weisen Phacelia und Grünroggen eine höhere Dichte auf, im Unterboden erreichen Phacelia und Winterwicke besonders günstige Werte. Phacelia unterschied sich signifikant von Gelbsenf (Abb. 4). Die verbrauchte Transpirationswassermenge zeigt sich fruchtartenunterschiedlich im Bodenwasservorrat für die Folgefrucht.

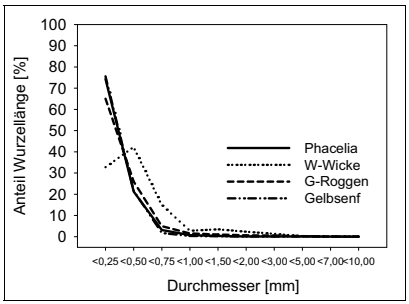


Abb. 4: Wurzeldurchmesserklassen von Phacelia, Winterwicke, Grünroggen und Gelbsenf von 0 bis 10 cm Bodentiefe

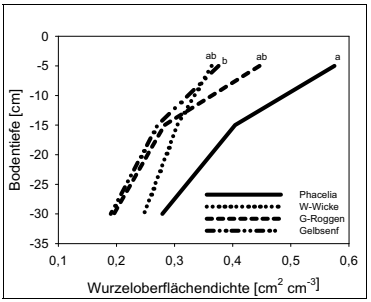


Abb. 5: Wurzeloberflächendichte von Phacelia, Winterwicke, Grünroggen und Gelbsenf in Abhängigkeit der Bodentiefe

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 102–103 (2007)

Cross- pollination of maize in long distance

Peter Stamp, André Vogler & Michael Bannert

Introduction

Existing studies about the long distance dispersal of maize are heterogeneous and difficult to compare, possibly due to the fact that the genetic material, the size of the donor and receptor field, the topography and the climatic situation are diverse.
The definition of long distance dispersal in our study was related to typical small-scale farming patterns in alpine regions. Due to crop rotation maize fields are not usually growing adjacent but are separated by other crops with separation distances usually greater than 50 m. Therefore, our analysis of pollen dispersal focused on distances between 50 m and 4500 m.

Material and Methods

At distances of 50 to 4500m between pollen-donor and pollen-receptor fields 13 white grain field experiments were carried out in 2003 and 2004 in the Urner Reusstal (Canton Uri), Switzerland (latitude 8°37´ N, longitude 46°52´ W, altitude = 449 m). The visual yellow and white grain marker system was used as it enables high sampling rates for the detection, also of rare cross-pollination events. For pollen receptor fields, the white grain hybrid DSP 17007 (Delley Seeds and Plants company, Switzerland) was used, the conventional yellow grain hybrids had a similar flowering The cross-pollination events were assessed by counting the number of yellow grains on white ears. Sowing of all fields (yellow and white grain) was done in 2003 between 28 April and 9 May, in 2004 from 29 April to 28 May. The sampling points were distributed on the short side of a field in every 2.5m, on the long side at every 10 m. On a hectare basis 6000 ear samples were taken. Cross-pollination rate was calculated by the ratio of yellow grains to all grains of an ear.

Results and Discussion

Cross-pollination in a total single field was in no case higher than 0.02% (Table 1) with a minimum of 0.0002 % (one yellow grain in all the samples of the whole field), although a few sample points showed higher cross-pollination rates in other fields. For example, one yellow grain on an average ear (370 grains) would translate to 0.27% cross-pollination. Although the years quite differed in meteorological conditions, an exceptional hot and dry summer in 2003 in contrast to moderately cool and wet conditions in 2004, the difference in cross-pollination between the years was low.

Low cross-pollination events found on longer distances are more an effect of a very low seed contamination than an effect of specific meteorological events with vertical movements (Bannert and Stamp, 2007). Thus the risk could be excluded that commodity maize would be contaminated with regard to threshold level of 0.9%, and even to technical detection limit of PCR analysis (0.1%), at distances above 100 m under our conditions.

ETH Zurich, Agronomy & Plant Breeding, Universitätsstraße 2, CH-8092 ZURICH

Table 1: Cross-pollination data for all fields in 2003 and 2004 with respect to distance from the closest yellow grain donor field.

Field: field name; distance: to next pollen donor; Wind: orientation to main wind directions (+ in direction, - parallel, - - against); Flower: flower synchronization in days of mid-pollen shedding of donor to mid-silking of receptor (e.g. -5 means 5 days earlier pollen donor; = means synchronous); % CP_f = total cross-pollination rate of whole field (calculated to heterozygous pollen traits).

Field	Year	Distance	Wind	Flower	CP_f%
W7	2004	52 m	+	- 7	0,009
W12	2004	85 m	+	=	0,015
W2	2003	105 m	-	- 4	0,003
W3	2003	125 m	-	- 1	0,01
W10	2004	149 m	+	- 1	0,016
W5	2003	150 m	+	- 2	0,007
W1	2003	200 m	-	- 1	0,009
W9	2004	287 m	- -	- 4	0,005
W11	2004	371 m	+	- 5	0,008
W8	2004	402 m	-	- 1	0,005
W13	2004	458 m	+	- 7	0,0001
W6	2003	4125 m	+	- 1	0,006
W14	2004	4440 m	+	- 2	0,0005

References

Bannert, M., and P. Stamp, 2007: Pollen dispersal of maize at long distance, European Journal of Agriculture, in press.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 104–105 (2007)

Die Auswirkung grüner Gentechnik auf den europäischen Markt für Öko-Lebensmittel

Daniel Neuhoff & Anne-Lotte Ostbomk

Einleitung

Unabhängig von der agrarwissenschaftlichen Bewertung des Einsatzes gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in der Landwirtschaft spielt die Akzeptanz der Verbraucher und damit deren Kaufbereitschaft eine entscheidende Rolle für die weitere Einführung gentechnisch veränderter (g.v.) Produkte auf den Lebensmittelmarkt. Basierend auf einer Auswertung von Verbraucherstudien und einer selbst durchgeführten Expertenbefragung wird diskutiert, welche Optionen sich hinsichtlich der Vermarktung gentechnikfreier Produkte für den Ökologischen Landbau künftig ergeben.

Material und Methoden

Der vorliegende Beitrag beruht auf einer systematischen Auswertung von Verbraucherumfragen zu deren Einstellung zur grünen Gentechnik, die im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Bonn erfasst wurden. Ergänzt wurde diese Auswertung durch eine telefonische Befragung von Experten von Verbänden und Unternehmen der ökologischen Lebensmittelwirtschaft.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden insgesamt sechs Verbraucherstudien ausgewertet, die zwischen den Jahren 1998 und 2007 durchgeführt wurden. In Tabelle 1 sind die Kernergebnisse, fokussiert auf die undifferenzierte Aussage einer grundsätzlichen Zustimmung bzw. Ablehnung der Verwendung von Gentechnik in der Lebensmittelherstellung zusammenfassend dargestellt. In der im Jahre 1998 durchgeführten Befragung von 2000 Personen im Rahmen der Food Trends Studie verneinten 48% der Teilnehmer, dass sie sich vorstellen könnten, g.v. Lebensmittel zu kaufen, während ein knappes Drittel (30%) sich dies grundsätzlich vorstellen konnte (GfK 1998). Ein vergleichbar hoher Ablehnungsgrad in Deutschland (43,9%) wurde in der ‚European Consumer Study' festgestellt (GfK 2004). Der Ablehnungsgrad („kaufe g.v. veränderte Lebensmittel unter keinen Umständen") war im Mittel aller beteiligten Länder (E, F, AU, PL, I, NL, D und UK) mit 40,4% bei hohen länderspezifischen Unterschieden (UK = 26,1%, AU = 59,2%) ähnlich hoch wie in Deutschland. Der Anteil an Befragten, die keine Meinung zur bzw. kein Interesse an der Frage hatten, war mit 41,8% etwa gleich hoch wie die Fraktion der Ablehner von g. v. Lebensmitteln.

In der methodisch ausdifferenzierten Studie ‚Eurobarometer' von Gaskell at al. (2006) zur Einstellung der Europäer zur Hochtechnologie (n = 25.000) wurden zur Auswertung der speziellen Fragestellung zu Gentechnik in Lebensmitteln Konsistenzfilter eingebaut, die zur Festlegung einer „decided public" in Höhe von 49% der Befragten führten. Innerhalb dieser Gruppe war das Meinungsvotum knapp hälftig zuungunsten der Befürworter verteilt. Die in Tabelle 1 aufgeführten Studien ‚Genius 2002' und ‚Spiegel 2007' mit konträren Ergebnissen waren aufgrund der dort gewählten suggestiven Fragestellungen nicht zur Analyse geeignet.

Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn,
Tel.: 0228 / 73 - 2883, d.neuhoff@uni-bonn.de,

Tabelle 1: Ablehnende bzw. zustimmende Haltung (in %) zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln in verschiedenen Verbraucherbefragungen.

			Zustimmung				Ablehnung			
Studie	**Jahr**	**n**	**D**	**DT***	**EU**	**EUT***	**D**	**DT***	**EU**	**EUT***
Food Trends	1998	2000	30				48			
GENIUS	2002	k.A.		42				36		
Ökobarom. D	2004	1000					40			
Eur. Cons. Std	2004	9000	18,8		17,8		43,9		40,4	
Eurobarometer	2005	25.000	21	29	27	41		71		59
Spiegel	2007	1000	19				76			

* Fragestellung mit Bezug zur Technologie, nicht zu Lebensmitteln

Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein schwer quantifizierbarer jedoch minoritärer Anteil der europäischen Bevölkerung der Verwendung von g.v. Lebensmitteln zustimmend gegenübersteht. Bei Nichtberücksichtigung der Gruppe der Meinungslosen, Uninteressierten und Unentschiedenen (schätzungsweise 30%) steht den Zustimmenden ein majoritärer Bevölkerungsanteil mit ablehnender Haltung zu Gentechnik in Lebensmitteln gegenüber. Von besonderem Interesse für künftige Marketingstrategien, die auf die Auslobung von Gentechnikfreiheit setzen, ist die Frage, ob die Prozesseigenschaft ‚hergestellt ohne Gentechnik' oder die Produkteigenschaft ‚frei von Gentechnik' ein wesentliches Kaufmotiv darstellen.

Die derzeit gängige Praxis von Anbietern von Produkten aus ökologischem Anbau in der Kommunikation mit dem Verbraucher konzentriert sich auf die Prozesseigenschaft „hergestellt ohne Gentechnik". Diese in Analogie zur ubiquitären Kontamination mit Pestiziden gewählte Vorgehensweise basiert auf der nachvollziehbaren Einschätzung, dass bereits heute keine Garantie für absolute Gentechnikfreiheit in Ökoprodukten gegeben werden kann.

Seitens der Öko-Anbauverbände wird jedoch befürchtet, dass das Konzept der Koexistenz zu einer schleichenden Durchdringung der Landwirtschaft mit GVO's führt und so langfristig eine unvertretbar hohe Kontamination entstehen kann. Umfassende Kennzeichnungspflicht, auch für tierische Produkte, sowie klare Haftungsregelungen sind daher neben der systematischen Ausnutzung sämtlicher Vermeidungsstrategien essentielle Forderungen seitens der ökologischen Lebensmittelwirtschaft. Mit einer zunehmenden Nachfrage nach ökologisch erzeugten Produkten im Zuge einer Ausweitung der Anbauflächen mit g.v. Nutzpflanzen ist angesichts der vorherrschenden Verbrauchereinstellung mit großer Wahrscheinlichkeit zu rechnen. Das Ausmaß der sich daraus ergebenden Vermarktungspotentiale ist indirekte eine Funktion der noch zu ergründenden Kaufmotive der Konsumenten. Derzeit gibt es keine Hinweise dafür, dass die Auslobung der Prozesseigenschaft ‚hergestellt ohne Gentechnik' durch die anspruchsvollere Produkteigenschaft ‚frei von Gentechnik' ersetzt werden muss.

Literatur

Gaskell, G., Allansdottir, A., Allum, N., Corchero, C., Fischler, C., Hampel, J., Jackson, J., Kronberger, N., Mejlgaard, N., Revuelta, G., Schreiner, C., Stares, S., Torgersen, H. & Wagner, W. 2006: Eurobarometer 64.3: A report to the European Commission's Directorate-General for Research.

Genius Biotechnologie GmbH 2003: Kompendium Gentechnologie und Lebensmittel, Band 5: Meinungen und Stellungnahmen, 5. Auflage, Darmstadt.

Gesellschaft für Konsumforschung 1998: Foodtrends.

Gesellschaft für Konsumforschung 2004: European Consumer Study 2004.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 106–107 (2007)

Einfluss von Genotyp und Umwelt auf den Markgehalt von Zuckerrüben

Christine Kenter & Christa Hoffmann

Einleitung

Als „Mark“ werden alle wasserunlöslichen Inhaltsstoffe der Zuckerrübe bezeichnet. Dabei handelt es sich um Zellwandbestandteile, im wesentlichen Cellulose, Hemicellulose und Pektin, die in der Zuckerfabrik als Schnitzel anfallen und das wichtigste Nebenprodukt der Zuckererzeugung darstellen. Der Markgehalt ist damit ein Maß für den Schnitzelanfall in der Zuckerfabrik. Da die Bestimmung des Markgehaltes sehr zeitaufwendig ist, kann diese in der Fabrikroutine nicht durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird der Schnitzelanfall bisher mit einem pauschalen Faktor geschätzt und entsprechend vergütet. Dieser Faktor beruht auf Untersuchungen des Markgehaltes in den 1980er Jahren (Beiß 1989). In den letzten Jahren wurde seitens der Zuckerindustrie allerdings vielfach davon berichtet, dass der tatsächliche Schnitzelanfall in den Zuckerfabriken deutlich niedriger war, als mit dem Pauschalwert vorausgeschätzt wurde. Da dieser Wert seit seiner Entwicklung nicht mehr überprüft wurde, soll in dem vorgestellten Projekt geklärt werden, ob er heute noch zutreffend ist und von welchen Faktoren (Genotyp, Standort, N-Düngung) die absolute Höhe des Markgehaltes abhängt.

Material und Methoden

Im Jahr 2006 wurden an drei Standorten (Raum Göttingen, Schweinfurt, Peine) Feldversuche mit sechs aktuellen Zuckerrübengenotypen bei drei N-Düngungsstufen durchgeführt. Die Versuchsanlage war eine Blockanlage mit vier Wiederholungen und einer Erntefläche von 10,8 m^2 pro Parzelle. Die Genotypen wurden so ausgewählt, dass sie hinsichtlich des Saccharosegehaltes das verfügbare Sortiment abdeckten. Die N-Düngungsstufen waren: ohne mineralische N-Düngung sowie 160 und 200 kg N ha^{-1} inklusive N_{min}.

Die Rüben wurden im Oktober von Hand geerntet. Nach maschineller Wäsche wurden die Proben zu Gefrierbrei verarbeitet. Daran wurde der Markgehalt durch viermalige alkoholische Heißwasserextraktion der löslichen Zellbestandteile und anschließende Trocknung bei 105 °C ermittelt (Reinefeld & Schneider 1983). Er wird, wie in der Zuckerindustrie üblich, auf Rübenfrischmasse bezogen. Mit dem Programm SAS (Version 9.1) wurde eine Varianzanalyse durchgeführt und der Einfluss von Standort, Genotyp sowie ihrer Wechselwirkung geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Standort und Genotyp übten einen hochsignifikanten Einfluss auf den Markgehalt der Zuckerrüben aus (Abb. 1). Im Mittel der sechs Genotypen betrug der Markgehalt in Parensen 4,32 %, in Schallfeld 4,08 % und in Röhrse 3,71 %. Diese Unterschiede sind vor allem auf eine unterschiedliche Wasserversorgung an den Standorten zurückzuführen. In Parensen fielen in der Vegetationsperiode 2006 (März bis Oktober) 388 mm Niederschlag, in Schallfeld waren es 481 mm. Dagegen wurden die Zuckerrüben in Röhrse sechsmal beregnet. Ein hohes Wasserangebot führte zu einem höheren Wassergehalt der Rübe und damit zu einer Reduzierung des Markgehaltes, da dieser auf Frischmasse bezogen wird.

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, D-37079 Göttingen

Ein Rückgang des Markgehaltes war auch bei der Steigerung der Stickstoffdüngung zu beobachten. Im Mittel der Standorte und Genotypen betrug der Unterschied zwischen der Variante ohne mineralische N-Düngung und der auf Sollwert 200 kg ha^{-1} gedüngten Variante 0,17 % auf Rübe (nicht dargestellt). Der Effekt des N-Angebotes war damit deutlich schwächer als der Einfluss von Standort und Genotyp.

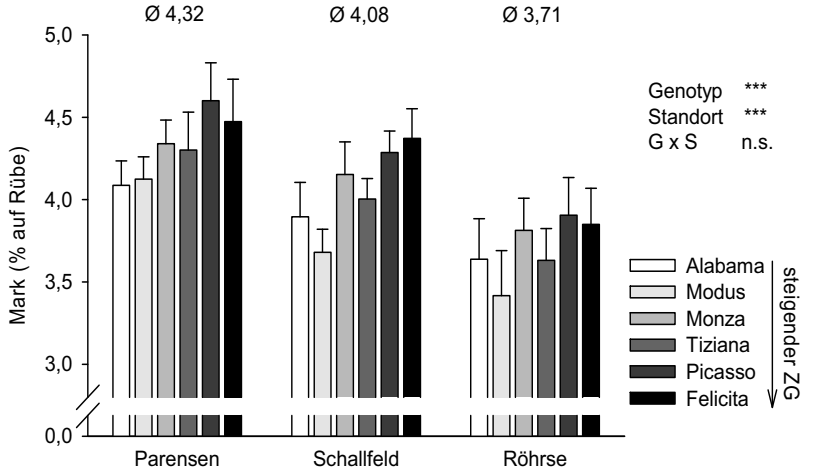


Abb. 1: Einfluss von Standort und Genotyp auf den Markgehalt von Zuckerrüben, Mittel aus drei N-Düngungsstufen, Oktober 2006. ***: signifikant bei p = 0,001, n.s.: nicht signifikant, ZG: Zuckergehalt

Im Mittel der Standorte betrug der Unterschied zwischen den beiden Genotypen mit dem niedrigsten (Modus) und dem höchsten Markgehalt (Picasso) 0,51 % auf Rübe. Dabei zeigte sich eine positive Korrelation zwischen den Gehalten an Mark und Saccharose, die auf den Zusammenhang zwischen den Zellstrukturen und der Saccharosespeicherung in der Rübe hinweist. Milford (1973) beschrieb das optimale Zellvolumen für die Saccharosespeicherung der Zuckerrübe. Wird dieses Optimum überschritten, werden vermehrt Wasser und Nichtsaccharosestoffe eingelagert. Kleine Zellen enthalten daher mehr Saccharose und im Verhältnis zu ihrem Volumen auch mehr Zellwandbestandteile bzw. Mark als große Zellen. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass der Markgehalt unter den aktuellen Produktionsbedingungen vielfach deutlich niedriger ist als in den 1980er Jahren. So gab Beiß (1989) den Markgehalt mit 3,97-5,05 % an, in dem hier vorgestellten Versuch wurden dagegen Werte von 3,17-4,69 % ermittelt.

Die Untersuchungen werden 2007 mit Gefäß- und Feldversuchen fortgeführt.

Literatur

Beiß, U. 1989: Sorten- und standortbedingte Unterschiede im Markgehalt von Zuckerrüben. Zuckerindustrie 114: 806-811.

Milford, G.F.J. 1973: The growth and development of the storage root of sugar beet. Annals of Applied Biology 75: 427-438.

Reinefeld, E.; F. Schneider 1983: Analytische Betriebskontrolle der Zuckerindustrie - Teil B: Vorschriften für die Betriebskontrolle, 2.2.1. Verlag Dr Albert Bartens, Berlin

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 108–109 (2007)

Plus-Hybrids in Maize, a new approach of gene flow mitigation increasing the yield

Christoph Weider, Magali Munsch* & Peter Stamp*

Introduction

Cytoplasmic male sterility (CMS) is a maternally transmitted trait in which a plant is unable to produce viable pollen. This trait occurs in many crops of interest (Budar and Pelletier, 2001; Schnable and Wise, 1998) and is ready for use as a new way to enable efficient and reliable coexistence between genetically modified (GM) and non-GM cultivation (Feil et al., 2003). In maize (*Zea Mays L.*), three types of cytoplasm (T, S and C) are defined. Rapid, efficient and inexpensive multiplex polymerase chain reaction (PCR) assays enable to distinguish the three major types of CMS in maize (Liu et al., 2002). An ideal way to use CMS as a tool for biocontainment is the Plus-Hybrid System (Stamp et al., 2000) combining transgenic CMS and normal fertile pollinator for a considerable yield increase through the combination of CMS- and Xenia effects (Feil and Stamp, 2002; Feil et al., 2003; Weingartner et al., 2002); but for this purpose the cms trait must be stable. In our field experiments, we aim at evaluating the reliability of the CMS trait and at determining the optimal hybrid combinations inducing a consistent Plus-Hybrid effect on yield.

Material and Methods

The field trials were carried out within a European Maize Ring Experiment: including small plot trials at 6 locations in Switzerland, Bulgaria, France and Germany, thanks to collaborative partner institutes involved in the research program CO-EXTRA.
The plant material used in this study is a set of 20 high-yielding hybrids collected from several European breeding companies and representing a broad genetic background. The hybrids are available in their CMS- as well as their fertile form. The three CMS-types, T, C and S were represented.

Results and Discussion

The male sterile cytoplasm type T was the most stable, followed by the type C, whereas cytoplasm type S had the highest number of hybrids with unstable sterility. Nevertheless, only a few hybrids present a high degree of instability. One CMS-S hybrid was perfectly sterile all over the two years. Thus, it was possible to find reliable sterile CMS hybrids in the all three main types.
Considering the yield increase, CMS-effects up to 8% were reached. Highly responsive CMS-hybrids and interesting pollinators were identified. Most of the pollinators showed sufficient general pollinating abilities often inducing a yield increase compared to the isogenic pollination of the CMS-hybrid. It has also been assessed that the Plus-Hybrid effect acts on both main yield parameters (i) the

ETH Zürich Agronomy & Plant Breeding, Universitaetstrasse 2, CH-8092 Zurich
* Delley Seeds & Plant Breeding CH-1567 Delley

number of kernels produced, influenced by CMS-effect and (ii) the thousand kernels weight, mostly influenced by Xenia effect.

The Plus-Hybrid system as a biocontainment tool for transgenes is already feasible now, on the condition that each single hybrid is tested before on the stability of its male sterile trait. The right selection of CMS- and fertile counterparts may allow an additional benefit for the farmer by significantly increasing grain yield. The assurance of a high and stable yield is a prerequisite for farmers' acceptance of a biological containment system.

References

Budar, F., and G. Pelletier. 2001. Male sterility in plants: occurrence, determinism, significance and use. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie 324:543-550.

Feil, B., and P. Stamp. 2002. The pollen-mediated flow of transgenes in maize can already be controlled by cytoplasmic male sterility AgBiotechNet.

Feil, B., U. Weingartner, and P. Stamp. 2003. Controlling the release of pollen from genetically modified maize and increasing its grain yield by growing mixtures of male-sterile and male-fertile plants. Euphytica 130:163-165.

Liu, Z., S.O. Peter, M. Long, U. Weingartner, P. Stamp, and O. Kaeser. 2002. A PCR Assay for Rapid Discrimination of Sterile Cytoplasm Types in Maize. Crop Sci 42:566-569.

Schnable, P.S., and R.P. Wise. 1998. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration. Trends in Plant Science 3:175-180.

Stamp, P., S. Chowchong, M. Menzi, U. Weingartner, and O. Kaeser. 2000. Increase in the Yield of Cytoplasmic Male Sterile Maize Revisited. Crop Sci 40:1586-1587.

Weingartner, U., O. Kaeser, M. Long, and P. Stamp. 2002. Combining Cytoplasmic Male Sterility and Xenia Increases Grain Yield of Maize Hybrids. Crop Sci 42:1848-1856.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 110–111 (2007)

Beitrag von Raps-Halbzwerggenotypen zur Verminderung der N-Problematik nach Raps

Klaus Sieling & Henning Kage

Einleitung

In vielen Raps-basierten Fruchtfolgen besteht ein erhöhtes Risiko der Nitrat-auswaschung, da Winterweizen als typische Folgefrucht nach Raps den im Herbst zur Verfügung stehenden mineralischen Stickstoff nur teilweise aufnehmen kann (Sieling & Kage 2006). Verschiedene Ansätze zur Entschärfung der N-Problematik nach Raps werden diskutiert, u.a. die Optimierung der N-Düngung im Frühjahr, eine reduzierte Bodenbearbeitung nach Raps oder der Anbau von Zwischenfrüchten zur N-Konservierung (Allison et al. 1998; Shepherd & Lord 1996). In den vergangenen Jahren hat die Züchtung Raps-Halbzwerggenotypen entwickelt, die sich durch eine um 20-40 cm verringerte Pflanzenlänge gegenüber den konventionellen Linien- und Hybridsorten auszeichnen. Die aus der geringeren Bestandeshöhe abgeleitete Hypothese war, dass die Halbzwerghybriden bei ähnlicher Ertragsleistung weniger oberirdische Biomasse bilden (höherer Harvestindex), weniger Stickstoff benötigen, weniger Stickstoff im System bliebe und die N-Überschüsse sänken.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der Hypothese wurden in den Jahren 2003/04-2004/05 in einem Feldversuch (Split-split-plot-Design mit drei Splittinglevels) auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Schleswig-Holstein) vier unterschiedliche Genotypen (Belcanto als Vertreter der Halbzwerghybriden; Express als Liniensorte; Talent und Trabant als konventionelle Hybriden) in Kombination mit acht verschiedenen N-Varianten (0-240 kg N/ha) zu zwei Aussaatterminen (Mitte August, Anfang September) angebaut. In vier N-Varianten wurden zu Vegetationsende, zu Vegetationsbeginn, während des Schossens, während der Schotenfüllung und zur Ernte die gesamte oberirdische Trockenmasse und die N-Aufnahme ermittelt. Zur Ernte erfolgte zudem eine Analyse der Ertragsstruktur. Der mit Hilfe eines Parzellenmähdreschers ermittelte Druschertrag wurde auf t/ha bei 9% Restfeuchte umgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der Erntejahre 2004 und 2005 unterschieden sich die geprüften Sorten in ihrer Trockenmassebildung und N-Aufnahme während der Vegetationsperiode nicht signifikant von einander (Tab. 1). Lediglich zur Ernte konnten Differenzen in der N-Aufnahme statistisch abgesichert werden, die auf Unterschiede in der Korn-N-Menge beruhten, während die N-Menge in Stroh und Schotenwänden bei allen Sorten ähnliche Werte erreichte (Daten nicht dargestellt). Der N-Harvestindex variierte zwischen 0,78 und 0,80. Talent und Trabant erzielten im Mittel aller Varianten die höchsten Druscherträge, während Belcanto den niedrigsten Samenertrag realisierte (Tab. 2). Die Interaktionen Genotyp x N-Variante und Genotyp x Saattermin waren nicht signifikant bei p=0,05. Die aus den quadratischen Ertragsfunktionen abgeleiteten N-Düngermengen, die zur Erzielung des sortenspezifischen Ertrags-maximums erforderlich waren, lagen mit 219 kg N/ha für Express, Talent und Trabant auf einem etwas niedrigerem Niveau als 231 kg N/ha für Belcanto. Aus den Ergebnissen kann

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

abgeleitet werden, dass sich Belcanto hinsichtlich TM-Akkumulation, N-Aufnahme und N-Düngerbedarf zur Erreichung des Ertrags-maximums nicht grundsätzlich von den anderen geprüften Genotypen unterscheidet.

Tab. 1: N-Aufnahme (kg N/ha) von vier Winterrapsgenotypen während der Vegetationsperiode (Mittel über 2003/04 + 2004/05, die Aussaattermine sowie die 160 und 240 kg N/ha Varianten)

	Genotyp			
	Belcanto	Express	Talent	Trabant
Vegetationsende	19	17	18	19
Vegetationsbeginn	30	36	34	32
Stängelstreckung	194	200	229	204
Schotenfüllung	257	270	262	236
Ernte	269[b]	251[c]	287[a]	267[b]

Tab. 2: Einfluss von Jahr, Aussaattermin und N-Düngung auf den Druschertrag (t/ha) von vier Winterrapsgenotypen

	Genotyp				
	Belcanto	Express	Talent	Trabant	Mittel
Jahr					
2003/04	4,24	4,35	4,37	4,45	4,35
2004/05	4,64	4,94	5,26	5,30	5,04
Aussaattermin					
Mitte August	4,46	4,54	4,65	4,76	4,60
Anfang September	4,43	4,76	4,99	5,00	4,79
N–Düngung (kg N/ha)					
0/0	2,29	2,59	2,84	2,80	2,63[e]
40/40	4,06	4,58	4,54	4,50	4,42[d]
80/40	4,64	4,58	4,93	5,00	4,78[c]
40/80	4,34	4,60	4,86	4,90	4,67[c]
80/80	4,82	5,04	5,17	5,46	5,12[b]
120/80	5,11	5,34	5,42	5,49	5,35[a]
80/120	5,07	5,22	5,32	5,28	5,22[ab]
120/120	5,18	5,27	5,47	5,60	5,38[a]
Mittel	4,44[c]	4,65[b]	4,82[a]	4,88[a]	

Literatur

Allison, M.F., M.J. Armstrong, K.W. Jaggard and A.D. Todd 1998: Integration of nitrate cover crops into sugar beet (*Beta vulgaris*) rotations. I. Management and effectiveness of nitrate cover crops. Journal of Agricultural Science 130, 53-60.

Shepherd, M.A. and E.I. Lord 1996: Nitrate leaching from a sandy soil: the effect of previous crop and post-harvest soil management in an arable rotation. Journal of Agricultural Science 127, 215-229.

Sieling, K. and H. Kage 2006: N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape - winter wheat - winter barley rotation. Agriculture, Ecosystems and Environment 115, 261-269.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 112–113 (2007)

Einfluss von Fruchtfolge und Sortenwahl auf den Befall mit *Rhizoctonia solani* an Zuckerrüben

Cord Buhre, Christian Kluth & Mark Varrelmann

Einleitung

Die Späte Rübenfäule, verursacht durch den Pilz *Rhizoctonia solani*, ist eine der weltweit bedeutendsten Zuckerrübenkrankheiten und führt zu deutlichen Ertrags- und Qualitätsverlusten. In Deutschland wird die Krankheit durch die Anastomosegruppe (AG) 2-2IIIB des Pilzes ausgelöst und nimmt an Bedeutung und Ausbreitung weiter zu. Bisher sind die vier Hauptbefallsgebiete in Niederbayern, Südbaden, dem Rheinland und Schleswig Holstein betroffen (Büttner et al, 2002). Enge Fruchtfolgen und ein hoher Anteil von Wirtspflanzen in Zuckerrübenfruchtfolgen können eine entscheidende Rolle in der Epidemiologie der Krankheit spielen. Als eine weitere Wirtspflanze für den Erreger konnte der Mais identifiziert werden (Führer Ithurrart et al., 2004). Da im Zuge der Ausweitung des Energiepflanzenanbaus ebenfalls mit einer Zunahme der Maisanbaufläche und damit auch mit einer Zunahme des Maisanteils in Zuckerrübenfruchtfolgen gerechnet werden kann, ist auch für die Zukunft mit einer weiteren Ausbreitung des Erregers in bisher nicht betroffene Gebiete zu rechnen. Wie sich ein hoher Anteil von Wirtspflanzen auf das Befallsgeschehen von *Rhizoctonia solani* in Zuckerrüben auswirkt, wurde mit Hilfe des folgenden Versuchs untersucht.

Material und Methoden

In Feldversuchen an vier Standorten in Niederbayern wurde seit 2001 der Einfluss von Fruchtfolgen und anbautechnischen Maßnahmen, sowie der Einfluss der Zuckerrübensortenwahl, auf die Krankheitsentwicklung der Späten Rübenfäule untersucht. Fruchtfolgen mit unterschiedlich hohen Anteilen von Mais und verschiedene anbautechnische Maßnahmen, bestehend aus Bodenbearbeitungs- und Zwischenfruchtvarianten, wurden miteinander verglichen. Bei der Fruchtfolge wurde zwischen einer reinen Mais/Mais Fruchtfolge, einer Mais/Weizen Fruchtfolge und einer Weizen/Hafer Fruchtfolge vor den Zuckerrüben unterschieden. Im dritten Versuchsjahr wurde nach allen Fruchtfolgen eine anfällige und eine resistente Zuckerrübensorte angebaut.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen die entscheidende Bedeutung von Fruchtfolgen und Zuckerrübensorte auf die Krankheitsentwicklung. In Fruchtfolgen mit einem hohem Anteil der Wirtspflanzen Mais und Zuckerrübe kam es zu deutlichen Ertragsverlusten. Im Gegensatz dazu verringerte ein hoher Anteil an Getreide (Weizen, Hafer) die Ausprägung der Krankheit an der Zuckerrübe und es konnten unter den gegebenen Befallsbedingungen höhere Erträge erzielt werden. Kein Effekt konnte in den Versuchen durch die variierte Bodenbearbeitung zwischen den Varianten festgestellt werden. Die Wahl der Zuckerrübensorte hatte einen erheblichen Einfluss auf die Ertragssicherheit. Die resistente Zuckerrübensorte zeichnete sich durch einen signifikant höheren bereinigten Zuckerertrag gegenüber der anfälligen Sorte aus. Zwischen den Faktoren Fruchtfolge und Zuckerrübensorte bestand zudem eine signifikante Wechselwirkung (Abb. 1). In der ungünstigen Fruchtfolge Mais/Mais war der

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

positive Effekt der resistenten Sorte sehr viel größer, als in der günstigen Fruchtfolge Weizen/Hafer. Der bereinigte Zuckerertrag ließ sich somit insbesondere durch die Kombination von Fruchtfolge und Zuckerrübensorte beeinflussen.
In weiteren Untersuchungen soll auch der Einfluss der Faktoren Fruchtfolge und Sortenwahl auf den Mais selbst untersucht werden.

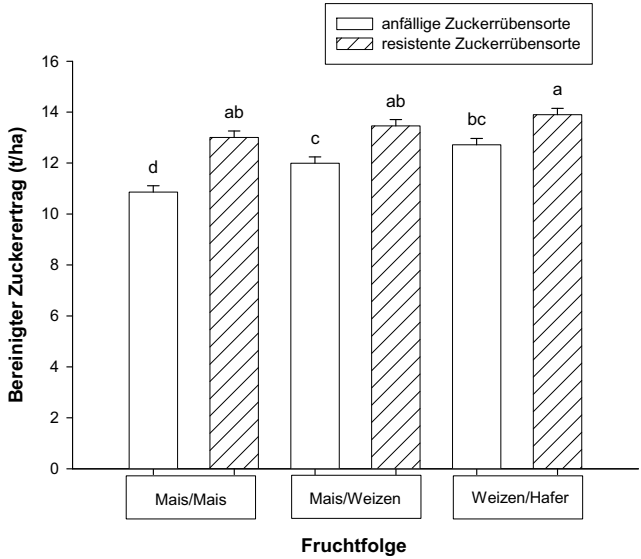


Abb. 1: Einfluss von Fruchtfolge und Zuckerrübensorte auf den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben (4 Standorte, 2 Jahre). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha < 0{,}05$).

Literatur

Büttner, G.; M.E. Führer Ithurrart und J. Buddemeyer 2002: Späte Rübenfäule *Rhizoctonia solani* – Verbreitung, wirtschaftliche Bedeutung und integrierte Bekämpfungskonzepte. Zuckerindustrie, 127, Nr. 11, 856-866.

Führer Ithurrart, M.E.; G. Büttner and J. Petersen 2004: Rhizoctonia root rot in sugar beet (*Beta vulgaris* spp. *altissima*) – Epidemiological aspects in relation to maize (*Zea mays*) as a host plant. Journal of Plant Diseases and Protection, 111 (3), 302-312.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 114–115 (2007)

Trends und Entwicklungen in der Energiepflanzenzüchtung

Andreas von Felde

Die Historie der Energiepflanzenzüchtung im Hause KWS kann auf nun bereits fünf Jahre Zuchtarbeit zurückblicken und soll hier unter dem Einfluss der sich stark entwickelnden Biogasbranche reflektiert werden.

Galt es zunächst neue Typeneigenschaften des Maises auf betonte Massenbildung bei gleichzeitiger Kältetoleranz zu entwickeln, so haben sich im beginnenden Zuchtprogramm des Energiemaises, geleitet durch Dr. Walter Schmidt, bereits in den Folgejahren erste praxistaugliche Sorten ergeben. Diese am Beispiel ATLETICO und deren Landessortenversuchsergebnissen werden kurz charakterisiert, die weiteren Entwicklungsschritte des Maisprogrammes aufgezeigt und Chancen und Potentiale dieser Nutzkultur für Bioenergie dargestellt.

Im Laufe der vergangenen zwei Jahre ist durch die zunehmende Verbreitung von Biogas die Nachfrage nach alternativen Energiepflanzen deutlich gestiegen. Die Vorkehrungen, dem nachzukommen, wurde im Hause KWS durch Zuchtprogramme und Applikationen im Bereich Roggen-GPS, im Bereich der Hirsezüchtung, der Sonnenblume, als auch in diesem Jahr beginnend mit der Energierübe aufgenommen. Somit steht vielfältiges Material für die Nassfermentation in den deutschen Biogasanlagen zur Verfügung.

Zum einen werden all diese Früchte in Testsystemen der offiziellen Landessortenversuche und auch statistischen Erhebungen privater Institute durchgeführt. Zum anderen entwickelte sich eine mehr und mehr belastbare Fermentationsprüfung auf Energieleistung hin. Mit dem neuen Trend, der Einrichtung von Bioerdgasanlagen (Gasaufbereitung) und der weiteren Entwicklung im Know how des Anlagenbetriebes stellen sich Produktunterschiede dieser verschiedenen Kulturarten dar.

Im weiteren Verlauf unserer Erprobungen werden Energiepflanzen auch auf ihre Raum-Zeitausbeute und auf ihre Reaktoreffizienz ökonomisch zu bewerten sein. Der weitere Ausbau des Pfades Biogas, der in Deutschland mit nun schon über 4.000 Anlagen stattfindet und auch mit den neuen Vorzeichen des EEG weiter auf Effizienz getrimmt wird, bietet vielfältige Möglichkeiten und Herausforderungen. Prüfung unserer Sorten auf Wasser-Nutzungseffizienz, ertragssichernde Maßnahmen sowie klassische Resistenzzüchtung für die Anwender bleiben wichtige Themenpunkte.

Die KWS betreibt ein vielfältiges Prüfnetz, das sich mittlerweile über viele andere europäische Länder erstreckt, um Energiepflanzen zu bewerten. Energiepflanzen der jetzigen Ausrichtung für Biogas sind gleichbedeutend mit der zukünftigen Nutzung für verschiedene Biomassepfade, die sich bis in die Entwicklung für Ethanol der zweiten Generation sowie z.B. Karbonisierungsmethoden und auch Pyrolyse darstellen ließen. Ausgangspunkt einer Entscheidung für Zuchtprogramme im Hause KWS ist die detaillierte Studie der Effizienzwege des Biomasseanwendungspfades bzw.

Energiepflanzen, KWS Saat AG Einbeck

seiner Konversionstechnik, was in diesem Vortrag kurz beschrieben werden soll. Die Systematik dieser ökologie- als auch ökonomiebetonten Sichtweise bilden Studien, die im Hause KWS und weiterer Begleitforschung vorangebracht wurden. Die Ökonomie beim Landwirt wird auch zukünftig darüber entscheiden, inwieweit Energiepflanzen im Wechselspiel zu Lebens- und Futtermitteln anwendbar bleiben. Eine Steigerung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit ist damit unabdingbar.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 116–117 (2007)

Zur Optimierung der Biogasproduktion aus Mais und Sonnenblumen – Ansätze für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Henrik Schumann

Einleitung

Unter der Zielsetzung, relevante Einflussgrößen zu ermitteln, die an einem gegebenen Standort eine maximal mögliche Trockenmasseproduktion bestimmen, welche zur Vergärung in Biogasanlagen geeignet ist (TS% > 30% zur Silageeignung, viel zu vergärende, wenig die Vergärung hemmende Substanz) wurden am Standort Bonn-Poppelsdorf in den Vegetationsperioden 2005/06 mittels unterschiedlicher Genotypen und Standraumzumessungen (Saatdichte/Reihenweite) unterschiedliche Mais- und Sonnenblumenbestände etabliert, zu unterschiedlichen Terminen geerntet und Trockensubstanzgehalte, Trockenmassen, Inhaltsstoffe, Gärausbeuten und die resultierenden Gärgaserträge ermittelt.

Material und Methoden

Siehe auch (1). Im Vergleich zum langjährigen Mittel handelte es sich 2005 um ein kühleres und trockeneres Jahr, 2006 (Mai kühl und nass, Juli heiß, Juni bis August trocken, Ende August Starkniederschläge) um ein „schlechtes Maisjahr“ mit extremer Witterung. Geprüft wurden bei Mais (M 75x15cm) / Sonnenblumen (S 75x20cm) im Genotypenversuch 2005 und 2006 die nach Entwicklungsgeschwindigkeit und Massenbildungsvermögen ausgewählten Genotypen „Körnermais“ KM bzw. „Öltyp“ ÖL, „Biomassetyp“ BM (3 versch. bei M, 1 bei S), „Experimentalhybride“ EH, „Genetische Ressource“ GR sowie in den Standraumversuchen die Standräume 6,7 Pfl./qm mit 75x20cm, 8,8/75x15, 8,8/37,5x30, 10,0/50x20, 13,3/75x10, 13,3/30x25, 19,0/25x21. Geerntet wurde alle 14 Tage. An ausgewählten Varianten des Jahres 2005 wurden bestimmt: Trockensubstanz (TM), Organ. Trockensubstanz (OTS), Rohprotein (RP), Rohfett (RF), Zellwand (ZW) bzw. Zellinhaltsstoffe (ZI), Lignozellulose (LZ), Zellulose (Z) und Lignin (L) und auf die Trockensubstanz TM (OTS plus ASCHE) bezogen. Für die damit durchgeführten Gärversuche (Abt. Pflanzenernährung in Anlehnung an DIN 4630) wurden ca. 40 g OTS eingewogen, zusammen mit 3 l ausgefaultem Klärschlamm als Impfmaterial in die 5l-Fermenter eingefüllt und für ca. 30 bis 35 Tage vergoren. Der Methangehalt (MG) wird mit einem Deponiegasmonitor (Infrarotgasanalysator) gemessen. Die Biogasausbeute (GA) wird als Summe in Normliter NL/kg TM auf die Normbedingungen 1013 mbar und 0°C bezogen, der CH_4-Gehalt (MG) als Mittelwert über den Versuchszeitraum angegeben, die Gaserträge errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Auswahl des Reifetyps ermöglicht man bei Mais, sowohl das pflanzen-/genotypen-/sorteneigene wie auch das standorteigene Potential zur Trockenmassebildung ausschöpfen zu können. Massenmaxima mit TS-Gehalten > 30% werden dann erreicht, wenn Kolben ausgebildet werden, die bei genügender Ausreife den größten Anteil an der Gesamtmasse der Pflanze bilden und gleichzeitig trockener als Blatt und Stängel werden. GR und EH entwickelten sich zu langsam (zu feucht), KM zu schnell (zu wenig TM), nur BM konnte beide Potentiale ausschöpfen.

Dr. Henrik Schumann – Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz – Pflanzenzüchtung – Universität Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn, h.schumann@uni-bonn.de

Die Sonnenblumen lagerten in beiden Versuchsjahren, 2006 sogar schon 4 Wochen eher als im Vorjahr und damit weit vor dem am Standort natürlich möglichen Abschluss der Sonnenblumenentwicklung. Dies zeigt den im Vergleich zum Mais noch großen Züchtungsbedarf, um die Statik der Pflanzen zu optimieren bzw. das Verhältnis von Korbmasse zu Stengelhöhe/–festigkeit und Wurzelwachstum zu optimieren. Prinzipiell scheinen für die Trockenmassebildung die gleichen wie für Mais beschriebenen Aussagen zu gelten.
Neue Sortentypen ermöglichen bei Mais, durch vermehrte Beiträge des Stängels die Gesamtpflanzentrockenmasse zu erhöhen. Gleiches gilt für die Züchtung der Sonnenblumen mit ihrem großem Potential zur Biomassebildung (GR und EH).
Rückgange der Trockenmasse am Ende der Vegetationsperiode zeigen an, dass die Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes zur Bestimmung der maximal auf dem Feld stehenden Trockenmasse von Bedeutung ist.
Einen deutlichen Einfluss auf den maximalen Trockenmasseertrag übt man bei Mais über die Wahl der Bestandesdichte aus. Die Pflanzendichte kann so weit erhöht werden, wie die sinkenden Einzelpflanzenerträge noch kompensiert werden. So lag 2006 die „optimale“ Bestandesdichte innerhalb der geprüften Varianten bei 19 Pfl./m^2 und damit deutlich über dem Standard von 8,8 Pfl./m^2 (Mehrertrag 50-80%). Auch die Möglichkeit, über „quadratischere“ Standräume für die Einzelpflanze intraspezifische Konkurrenzwirkungen abzumildern und den Trockenmasseertrag zu erhöhen, muss weiter diskutiert werden (positive tendenzielle Wirkungen bei Mais, bei Sonnenblumen verhinderte das Lager genaue Aussagen).
Bei Mais (BM) haben weder Erntetermin (BBCH71/79/84/86/88/91) noch Genotyp (KM/BM/EH/GR bei vergleichbarem Entwicklungsstadium) Einfluss auf Inhaltsstoffe und Biogasausbeute (GA). Ab BBCH71 scheinen bereits alle die Vergärung bestimmenden Inhaltsstoffmengen in die Maispflanze eingelagert und die bereits lange Züchtungsarbeit auf gute Verdaulichkeit verantwortlich für die geringe Variation im geprüften Material zu sein. Die Biogaserträge (GE) folgen damit den Trockenmasseerträgen. Bei Sonnenblumen (BM) ist deutlichere Variation erkennbar. Mit zunehmender Entwicklung (BBCH 69/84/86/90) führt die Öleinlagerung (RF) zuerst zu steigenden, die dann vermehrte Bildung von Gerüstsubstanzen (L, LZ) wieder zu absinkenden Biogasausbeuten. Auch die Genotypen (KM/BM/EH/GR) reagieren unterschiedlich, so dass die Biogaserträge von Biogasausbeute und Trockenmasse pro ha abhängen.
Aus den Korrelations- und Regressionsrechnungen zwischen Inhaltsstoffen und Gasausbeuten erweisen sich für die Biogasausbeute (GA) OTS als förderlich und LZ als hinderlich und belegen damit hemmende Einflüsse von Asche und hochmolekularen, schwer abbaubaren Gerüstsubstanzen. Der Methangehalt (MG), den RP und RF fördern, zeigt nur geringe Variation (CV 4,4), so dass die Methanerträge (ME) im Wesentlichen den GE und damit den TM-Erträge folgen.
Der Vergleich von Mais mit Sonnenblumen zeigt trotz noch ungenügender Statik deren Potential. Auf dem ertragreichen Standort Bonn-Poppelsdorf erzielte die Experimentalhybride (SEH) im „guten Maisjahr 2005“ (Mais 250-300 dt/ha) 240 dt/ha TM bei allerdings geringeren GA (höhere Aschegehalte) und im „schlechten Maisjahr 2006“ (Mais 150-200 dt/ha) mit 250 dt/ha sogar deutlich höhere TM-Erträge.

Literatur

(1) Schumann, H. 2006: Mais oder Sonnenblume als Energieträger für die Biogasproduktion? Analyse der Ertragsbidung auf einem rheinischen Standort. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18 (2006), 112-113.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 118–121 (2007)

Analyse der Ertragsbildung bei Körneramarant in Abhängigkeit von Genotyp und Bestandesdichte

Daniela M. Gimplinger

Einleitung

Der Konsum von Amarantkorn hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Dem Anbau der Pseudogetreideart könnte daher in Zukunft größere Bedeutung zukommen. Es liegt nahe, dass das Ertragspotential der neuen Kulturart, einer C4-Pflanze, nicht völlig ausgeschöpft wird. Bisher wurde Amarant in Mitteleuropa kaum züchterisch bearbeitet. Darüber hinaus existieren nur wenige Untersuchungen zur optimalen Kulturführung. Empfehlungen der optimalen Bestandesdichte zum Beispiel schwanken in einem weiten Bereich. Einerseits zeigten Untersuchungen, dass die Bestandesdichte nur wenig Einfluss auf den Kornertrag hat (Guillen-Portal et al., 1999). Andererseits wird berichtet, dass steigende Dichten den Kornertrag erhöhen (Kübler et al., 2002). Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss von unterschiedlich dichten Beständen verschiedener Genotypen auf Ertragsparameter zu klären.

Material und Methoden

In Ostösterreich (572 mm Niederschlag; 9,8°C Jahresdurchschnittstemperatur) wurden in den Jahren 2002, 2004 und 2005 Feldversuche mit Körneramarant durchgeführt. Der Bodentyp am Versuchsstandort ist ein Tschernosem, die Bodenart schluffiger Lehm. Aufgrund hoher N-Mineralisierungsraten (130–180 kg N_{min} ha^{-1} im Frühjahr) und guter P- und K-Versorgung wurde keine Düngung durchgeführt. Pro Jahr wurden drei Zuchtstämme (Tab. 1) des Züchters Dr. Dobos in fünf Dichtestufen (Ziel: 8, 17, 35, 70, 140 Pflanzen m^{-2}) bei einem Reihenabstand von 37,5 cm geprüft. Die Dichten wurden durch händisches Vereinzeln erstellt. Die Versuchsanlage war eine Spaltanlage in vier Blöcken mit Genotypen in Großparzellen und Dichten in Kleinparzellen. Pflanzen auf einer Fläche von 1,1 m^2 pro Parzelle wurden von Hand geerntet (Tab. 2). Parallel dazu wurden 4 Reihen je Parzelle mit einem Parzellenmähdrescher geerntet. Weitere Merkmale im Feld und am Erntegut wurden nach Standardmethoden erhoben.

Tab. 1. Charakterisierung der geprüften Amarantzuchtstämme

	Neuer Typ	Anderer Typ	Mittlerer Typ	Amar
Art	*A. hypochondriacus*			*A. cruentus*
Wuchshöhe (cm)	70–100	80–140	120–170	120–170
Reife	sehr früh	früh	mittelfrüh	mittelspät

Tab. 2. Saat- und Erntetermine der geprüften Amarantzuchtstämme

		Neuer Typ	Anderer Typ	Mittlerer Typ	Amar
Saat	2002	29. April			
	2004	27. Mai			
	2005	11. Mai			
Ernte	2002	19. Aug.	nicht geprüft	5. Sept.	18. Sept.
	2004	9. Sept.	13. Sept.	nicht geprüft	5. Okt.
	2005	5. Sept.	7. Sept.	nicht geprüft	3. Okt.

Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

Ergebnisse und Diskussion

Am Versuchsstandort wurden Korntrockenmassen zwischen 200 und 300 g m^{-2} geerntet (Tab. 2), das sind Erträge zwischen 2200 und 3300 kg ha^{-1} bei einer für die Lagerung üblichen Kornfeuchte von 10%. Das Ertragsniveau entspricht somit den durchschnittlichen Kornerträgen aus Versuchen in Südwestdeutschland (Kübler, 2002) und der Slowakei (Jamriska, 1998). Im Jahr 2002 zeigten die Zuchtstämme Neuer Typ, Mittlerer Typ und Amar ein ähnliches Ertragsniveau. In den beiden folgenden Jahren erreichten der Neue Typ und Amar höhere Erträge als der Andere Typ. Tabelle 3 zeigt die Ertragskomponenten sowie den Ernteindex der geprüften Zuchtstämme. Die Zuchtstämme Neuer Typ und Anderer Typ zeichneten sich durch große Körner mit hohem Tausendkorngewicht aus, während die Stämme Amar und Mittlerer Typ bedeutend leichtere, kleinere Körner bildeten. Für das Ertragsniveau der Stämme Amar und Mittlerer Typ war somit vor allem die hohe Kornzahl pro Pflanze ausschlaggebend. Der ebenso ertragsstarke Neue Typ kennzeichnete sich durch ein hohes Tausendkorngewicht sowie durch eine hohe Kornzahl pro Pflanze.

Tab. 3: Ertragskomponenten und Ernteindex der geprüften Zuchtstämme (Mittelwerte aus 5 Dichten)

Jahr	Zuchtstamm	Pflanzen pro m^2	Kornzahl pro Pflanze (errechnet)	TKG (g TM)	Kornertrag (Handernte) (g TM m^{-2})	Ernteindex (Handernte) (-)
2002	Neuer Typ	8–135	16000 a	0,96 a	239 a	0,39 a
	Mittlerer Typ	7–86	21900 a	0,63 b	219 a	0,26 b
	Amar	6–119	20000 a	0,66 b	216 a	0,25 b
2004	Neuer Typ	10–80	16500 b	0,86 a	295 a	0,38 a
	Anderer Typ	9–82	11700 c	0,83 a	204 b	0,26 b
	Amar	8–92	22000 a	0,60 b	290 a	0,27 b
2005	Neuer Typ	7–54	16200 b	0,91 a	241 a	0,37 a
	Anderer Typ	8–63	12100 b	0,89 a	201 b	0,31 b
	Amar	8–52	24300 a	0,59 b	235 a	0,25 c

(Mittelwertvergleiche je Jahr, SNK, P=0,05)

Tab. 4: Ertragskomponenten und Ernteindex der Zuchtstämme Amar und Neuer Typ in Abhängigkeit von der Dichte (Mittelwerte aus 3 Jahren)

Zuchtstamm	Pflanzen pro m^2	Kornzahl pro Pflanze (errechnet)	TKG (g TM)	Kornertrag (Handernte) (g TM m^{-2})	Ernteindex (Handernte) (-)
Neuer Typ	8–10	40000 a	0,88 a	279 a	0,41 a
	15–16	20100 b	0,92 a	267 a	0,40 ab
	24–38	9900 c	0,93 a	276 a	0,39 ab
	43–61	5400 d	0,89 a	257 a	0,38 b
	52–119	3800 d	0,93 a	230 a	0,35 c
Amar	6–8	56600 a	0,64 a	279 a	0,30 a
	15–16	30300 b	0,62 a	281 a	0,28 a
	24–38	13100 c	0,64 a	250 ab	0,25 b
	53–61	7000 d	0,61 a	218 b	0,24 b
	52–119	5700 d	0,60 a	229 b	0,23 b

(Mittelwertvergleiche je Genotyp, SNK, P=0,05)

Der Ernteindex von Körneramarant ist im Vergleich zu Getreidearten relativ gering. Vor allem die hochwüchsigen Zuchtstämme Amar und Mittlerer Typ zeigten einen geringen Ernteindex zwischen 0,25 und 0,26. Deutlich höher war der Ernteindex des niedrigwüchsigen Zwergtyps Neuer Typ mit Werten über 0,37.
Tabelle 4 zeigt die Ertragsstruktur bei unterschiedlicher Bestandesdichte. Durch steigende Konkurrenz innerhalb des Bestandes nahm die Kornzahl pro Pflanze und folglich der Kornertrag pro Pflanze (Abb. 1) deutlich ab. Das Korngewicht wurde nicht beeinflusst. Mit zunehmender Pflanzendichte nahm der gebildete Kornertrag pro Fläche in geringem Umfang ab (Tab. 4, Abb. 1). Der Ernteindex ging mit steigender Dichte deutlich zurück.
Mähdrusch der Parzellen führte zu mittleren Erträgen von 170–260 g TM m^{-2} (Tab. 5). Das entspricht 1900 bis 2900 kg ha^{-1} Korn bei 10% Feuchte. Amar zeigte hohe Druscherträge in den Jahren 2002 und 2004, der Neue Typ in den Jahren 2004 und 2005. Die Druschverluste in Relation zu den von Hand geernteten Erträgen waren je nach Zuchtstamm und Jahr sehr unterschiedlich. Für die relativ hohen Druschverluste des Stammes Neuer Typ in 2002 und des Stammes Amar in 2005 dürften zu feuchte Bestände zum Erntezeitpunkt ausschlaggebend gewesen sein.

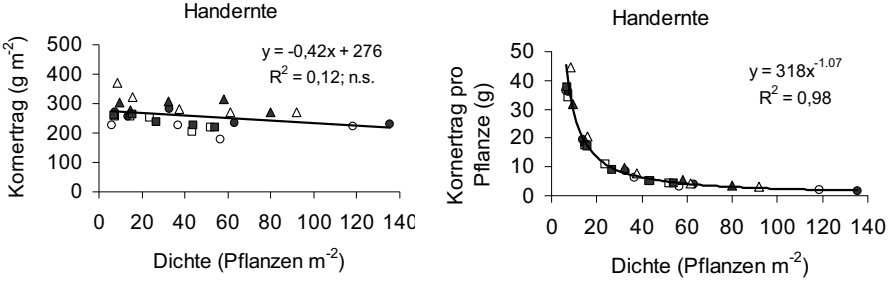


Abb. 1: Kornertrag pro Fläche und Kornertrag pro Einzelpflanze der Zuchtstämme Amar und Neuer Typ in Abhängigkeit von der Dichte (Mittel aus 4 Wiederholungen)
○ Amar 02, ▵ Amar 04, □ Amar 05, ● Neuer Typ 02, ▲ Neuer Typ 04, ■ Neuer Typ 05

Tab. 5: Druscherträge und -verluste, Wassergehalte bei der Ernte, Pflanzenmorphologie und Lagerung der geprüften Zuchtstämme (Mittelwerte aus 5 Dichten)

Jahr	Zuchtstamm	Drusch-ertrag (g TM m^{-2})	Drusch-verluste (%)	Korn-feuchte (%)	Stängel-dicke (mm)	Lagerung (1-9)
2002	Neuer Typ	181 b	32	24 c	9 b	nicht erhoben
	Mittlerer T.	156 c	40	27 b	12 a	
	Amar	238 a	-9	32 a	12 a	
2004	Neuer Typ	252 a	17	21 b	13 a	1,3 a
	Anderer Typ	209 b	-2	22 b	13 a	2,3 a
	Amar	264 a	10	30 a	13 a	1,2 a
2005	Neuer Typ	222 a	9	23 b	12 c	1,3 a
	Anderer Typ	207 ab	-3	24 b	13 b	1,1 b
	Amar	173 b	36	38 a	17 a	1,0 b

(Mittelwertvergleiche je Jahr, SNK, P=0,05)

Tab. 6: Druscherträge und -verluste, Wassergehalte bei der Ernte, Pflanzenmorphologie und Lagerung der Zuchtstämme Amar und Neuer Typ in Abhängigkeit von der Dichte (Mittelwerte aus 3 Jahren bzw. * aus 2004 und 2005)

Zucht-stamm	Dichte (Pfl. m^{-2})	Drusch-ertrag (g TM m^{-2})	Drusch-verluste (%)	Korn-feuchte (%)	Stängel-dicke (mm)	Lagerung* (1-9)
Neuer T.	8–10	215 a	23	26 a	17 a	1,0 a
	15–16	237 a	11	22 ab	14 b	1,0 a
	24–38	223 a	19	23 ab	11 c	1,1 a
	43–61	215 a	16	22 ab	8 d	1,7 a
	52–119	216 a	6	21 b	7 e	1,8 a
Amar	6–8	222 a	20	37 a	22 a	1,0 a
	15–16	237 a	16	35 b	17 b	1,0 a
	24–38	223 a	11	33 c	13 c	1,0 a
	53–61	223 a	-2	33 c	10 d	1,2 a
	52–119	221 a	3	33 c	8 e	1,2 a

(Mittelwertvergleiche je Genotyp, SNK, P=0,05)

Die Genotypen unterscheiden sich deutlich in ihrem Abreifeverhalten. Die Stämme Neuer und Anderer Typ, die etwa 4 bzw. 3 Wochen vor Amar geerntet werden können, wiesen eine deutlich niedrigere Kornfeuchte als Amar auf. Lagerneigung konnte mit Ausnahme der höchsten Dichtestufe beim Anderen Typ im Jahr 2004 (Daten nicht gezeigt) kaum beobachtet werden.
Während die Erträge bei Handernte mit steigender Bestandesdichte abnahmen, konnte bei maschineller Ernte kein Einfluss der Dichte auf den Ertrag festgestellt werden (Tab. 6). Die Kornverluste in Relation zu den Handernteerträgen gingen in dichten Beständen zurück. Dichtere Bestände reiften früher ab und wiesen daher eine niedrigere Kornfeuchte auf. Darüber hinaus eigneten sich dichte Bestände durch die dünneren Stängel und weniger verzweigten Pflanzen (Daten nicht gezeigt) besser für die maschinelle Ernte. Zunehmende Dichte beeinträchtigte die Standfestigkeit der Bestände nur in geringem Ausmaß.

Zusammenfassend zeigte der niedrigwüchsige Zuchtstamm Neuer Typ eine Reihe an Vorteilen für den praktischen Anbau: Kennzeichnend für den Neuen Typ sind ein hohes Ertragspotential, ein hohes Tausendkorngewicht und vor allem eine frühe Abreife. Für die maschinelle Ernte von Körneramarant können Bestandesdichten von mehr als 50 Pflanzen m^{-2} empfohlen werden.

Literatur

Guillen-Portal, F.R.; D.D. Baltensperger und L.A. Nelson, 1999: Plant population influence on yield and agronomic traits in 'Plainsman' grain amaranth. In: Janick, J. (Ed.): Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 190–193.

Jamriška, P., 1998. The effect of variety and row spacing on seed yield of amaranth (*Amaranthus* ssp.). Rostlinná Výroba 44 (2), 71–76.

Kübler, E.; H.-P. Kaul und W. Aufhammer, 2002: Vergleichende Untersuchungen zur Bestandesetablierung und zur Trockenmasseproduktion der Pseudogetreidearten Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), Reismelde (*Chenopodium quinoa*) und Amarant (*Amaranthus* sp.) und der Getreidearten Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) und Zwerghirse (*Eragrostis tef*) auf einem Grenzstandort. Die Bodenkultur 53 (1), 29–38.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 122–125 (2007)

Strategien zur Verbesserung der N-Effizienz im Winterrapsanbau

Johannes Henke

Einleitung

Die Anbaubedeutung von Winterraps hat in den letzten Jahren aufgrund seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten und des Anbaus auf Stilllegungsflächen stetig zugenommen. Hinsichtlich seiner N-Effizienz gilt Raps jedoch als problematisch. Zur Realisierung hoher Erträge werden N-Düngermengen von oft über 200 kg N/ha eingesetzt, jedoch liegt der N-Entzug mit dem Erntegut von 100-150 kg N/ha weit darunter, so dass regelmäßig sehr hohe N-Bilanzüberschüsse beim Winterraps auftreten können. Weiterhin ist die N-Auswaschung nach Winterraps gegenüber anderen Kulturen, vor allem Getreide deutlich erhöht (Sieling & Kage 2006). Ursächlich für diese geringe N-Effizienz sind einerseits der geringe N-Harvestindex, der frühe Erntezeitpunkt und eine damit verbundene lange Zeit für Mineralisation aus Boden und Ernterückständen sowie die geringe N-Aufnahme der typischen Nachfrucht Winterweizen im Herbst. Andererseits ist die Bemessung einer standortangepassten N-Düngermenge mit hoher Unsicherheit verbunden, was oft zu erheblichen Diskrepanzen zwischen optimaler und tatsächlich gedüngter N-Düngermenge führt (Henke et al. 2007). Der zunehmenden Anbaubedeutung von Winterraps stehen erhöhte Anforderungen an die Umweltverträglichkeit gegenüber. Die novellierte Düngeverordnung als nationale Umsetzung der EG-Nitratrichtlinie setzt der landwirtschaftlichen Produktion einen Grenzwert für die N-Bilanz (60 kg N/ha N-Überschuss ab 2009), um den Grenzwert von 50 ppm NO_3 im Trinkwasser flächendeckend zu erreichen. Vor diesem Hintergrund gilt es, die N-Effizienz im Ackerbau und hier vor allem im Winterrapsanbau zu optimieren. Ziel dieses Beitrages ist es, einerseits durch einen kombinierten Ansatz aus Feldversuch und Simulationsmodellierung die N-Dynamik nach Winterraps zu analysieren sowie N-Verlustpfade und deren Ursachen aufzuzeigen sowie das N-Management nach Winterrapsanbau zu optimieren. Auf der anderen Seite wird ein einfaches Verfahren zur Verbesserung der N-Düngebedarfsermittlung und somit einer standort- und bestandesangepassteren N-Düngung vorgestellt. Dabei werden anstatt der N_{min}-Werte im Frühjahr die N-Mengen im Rapsbestand in Herbst und Frühjahr für die Düngebedarfsermittlung herangezogen (Reau et al. 1994).

Material und Methoden

Versuch 1:

In einem Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Schleswig-Holstein) wurde die N-Dynamik nach Winterraps bei verschiedenen Folgefrüchten und Bodenbearbeitung untersucht. Der Versuch wurde 2003 als zweifaktorielle (Fruchtfolge, N-Düngung) Split-Plot-Anlage mit drei Wiederholungen angelegt. Es werden in diesem Beitrag Ergebnisse aus den Auswaschungsperioden 2005/2006 und 2006/2007 vorgestellt. Tabelle 1 zeigt die Nachfrüchte vom Raps in Kombination mit der Bodenbearbeitung.

Zur Rapsernte wurden C- und N-Konzentrationen im Rapsstroh und in den Schotenwänden ermittelt und das C/N-Verhältnis der Ernterückstände bestimmt. Ab

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

der Ernte wurde der Boden bis ins Frühjahr monatlich auf den N_{min}-Gehalt (0-90 cm) und den gravimetrischen Wassergehalt untersucht.

Tab. 1: Nachfrüchte von Raps mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen (N-Düngung zu Raps: 200 kg N/ha; in der Variante Winterweizen gepflügt: 0, 160, 200, 240 kg N/ha)

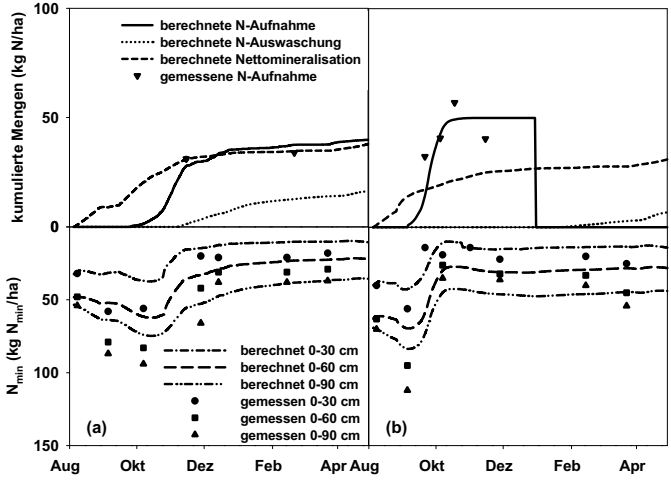
	Variante			
	Ausfallraps-Sommerung	Phacelia-Sommerung	Winterweizen gepflügt	Winterweizen pfluglos
Vorfrucht	*Winterraps* (cv. Trabant)			
Boden-bearbeitung	Kurzscheibenegge	Grubber	Kurzscheibenegge	
	Ausfallraps	Kreiselegge/ Drillmaschine *Phacelia* (cv. Angelia)	Grubber	*Ausfallraps* Totalherbizid
	Grubber Kreiselegge/Drillmaschine		Pflug Kreiselegge/Drillmaschine	Kurzscheibenegge
Nachfrucht	*Hafer* (cv. Flämingsprofi, 2006) *Mais* (cv. Ronaldinio, 2007)		*Winterweizen* (cv. Tommi)	

In der Untersuchungsperiode 2006/2007 wurde zusätzlich die Schicht 0-30 cm wöchentlich beprobt. Parallel dazu wurden die N-Aufnahmen in den Folgefrüchten Ausfallraps und Phacelia zweiwöchentlich bis Vegetationsende und in Winterweizen zu den Terminen Vegetationsende im Herbst und Vegetationsbeginn ermittelt. Die aus dem Feldversuch gewonnenen Daten dienten zur Initialisierung und Parametrisierung des Simulationsmodells. Das Modell wurde aus bestehenden und neuen Modulen, basierend auf der objektorientierten Klassenbibliothek HUME (Kage & Stützel 1999), erstellt. Dabei wurden Module zur Berechnung der Dynamik des Boden-N-Pools, der Mineralisation der Ernterückstände, der Bodenbearbeitung, der Pflanzen-N-Aufnahme und der N-Auswaschung zu einem Simulationsmodell verknüpft.

Versuch 2:
Zur Untersuchung des Einflusses der N-Mengen im Rapsbestand in Herbst und Frühjahr auf die optimale Düngermenge im Frühjahr wurde ein mehrortiger (7 Standorte) Feldversuch als Split-Plot-Anlagen mit vierfacher Wiederholung angelegt. Zur Erlangung verschiedener Herbstentwicklungen gab es zwei Saatzeiten (Frühsaat, Spätsaat) und in jeder Saatzeit zwei N-Düngevarianten im Herbst (0, 40 kg N/ha). Über allen Herbstvarianten lag im Frühjahr ein N-Steigerungsversuch mit 0, 80, 160, 240 und 280 kg N/ha. Alle Düngungsvarianten aus Herbst und Frühjahr waren innerhalb der Saatzeiten vollständig randomisiert. In Herbst und Frühjahr wurden N-Mengen im Bestand in den verschiedenen Herbstvarianten ermittelt. Mittels quadratischer Regressionsfunktionen wurden für jeden Standort die optimale N-Düngermenge je Herbstentwicklung bestimmt und dann der Einfluss der N-Mengen im Bestand in Herbst und Frühjahr auf die optimale N-Düngermenge im Frühjahr mit Kovarianz- und Regressionsanalysen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion
Das Simulationsmodell wurde an den Versuchsdaten aus Versuch 1 kalibriert und diese Parametrisierung an einem unabhängigen, langjährigen Datensatz validiert.

Das Modell konnte die N_{min}-Dynamik in den Schichten 0-30 cm, 30-60 cm und 0-90 cm in allen Varianten gut wiedergeben (Abb. 1). Allerdings wurden die N_{min}-Gehalte in der Schicht 60-90 cm überschätzt. Die simulierte N-Auswaschung war in den Varianten mit Zwischenfrucht (Ausfallraps, Phacelia) am geringsten was mit der hohen N-Aufnahme der Zwischenfrüchte im Herbst und der sehr frühen, einmaligen Bodenbearbeitung nach der Ernte zu erklären ist. Die N-Aufnahme bei Phacelia war gegenüber Ausfallraps durch die intensivere Bodenbearbeitung zur Etablierung der Phacelia deutlich erhöht, die N-Aufnahme des Ausfallraps war demzufolge N-limitiert (Daten nicht dargestellt). Pflugeinsatz und Weizenanbau erhöhte die N-Frachten im Vergleich zur Zwischenfrucht Phacelia deutlich (Abb. 1). Auch in der pfluglosen Weizenvariante konnte die N-Auswaschung gegenüber der



Pflug-

Abb. 1: N-Dynamik nach Winterraps in den Varianten Winterweizen gepflügt (a) und Phacelia-Sommerung (b) im Jahr 2005/2006

variante deutlich reduziert werden (Daten nicht dargestellt). Standorteinflüsse auf die N-Auswaschung nach Raps wurden anhand von neunjährigen Szenarienrechnungen über drei norddeutsche Standorte analysiert (Hohenschulen: sL, 8,3 °C, 750 mm; Gülzow: sL, 8,3 °C, 542 mm; Hannover: S, 8,7 °C, 661 mm). Die geringeren Niederschläge und die damit verbundenen niedrigen Sickerwasserraten über Winter führten am Standort Gülzow im Vergleich zu Hohenschulen zu deutlich höheren Nitratkonzentrationen (Daten nicht dargestellt). Lediglich mit Anbau von Phacelia als Zwischenfrucht konnte der Grenzwert von 50 ppm Nitrat im Trinkwasser erreicht oder sogar unterschritten werden. Um weitere mögliche Lösungsansätze wie Sortentyp und Optimierung der N-Düngung zur Verminderung der N-Auswaschung nach Raps herauszuarbeiten, wurden zusätzlich Szenarienrechnungen mit variierendem Harvest-Index (HI), Erntetermin und Düngungsniveau durchgeführt. Der Erntetermin hatte den geringsten Einfluss auf die N-Auswaschung, wohingegen ein höherer HI und überhöhte N-Düngung in den Szenarienrechnungen die N-Auswaschung ansteigen lassen. Wie in den Szenarienrechnungen gezeigt werden konnte, hat eine überzogene N-Düngung zu Winterraps und damit verbundene erhöhte N_{min}-Werte nach

der Ernte einen starken Einfluss auf die N-Auswaschung nach Raps. Eine bedarfsgerechte Ermittlung der N-Düngermenge kann also einen Beitrag leisten, um N-Austräge nach Raps zu vermindern. In dem in Versuch 2 untersuchten, aus Frankreich stammenden Konzept zur N-Düngebedarfsermittlung in Winterraps konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen N-Menge im Bestand im Herbst und optimaler N-Düngermenge gefunden werden (Abb. 2). Bei steigenden N-Mengen im Bestand im Herbst kann demzufolge die N-Düngermenge reduziert werden.

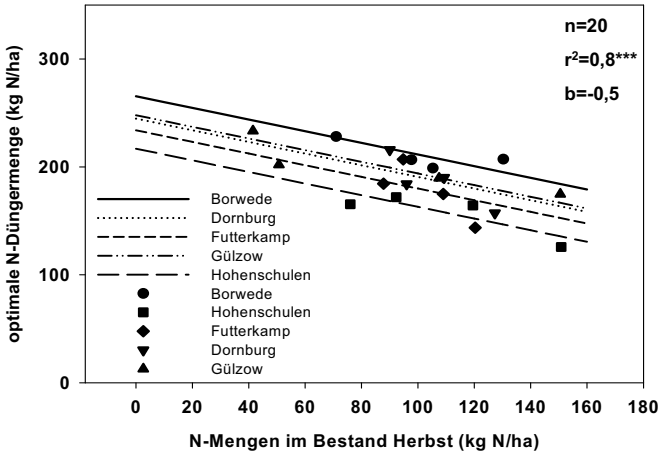


Abb. 2: Einfluss der N-Mengen im Bestand im Herbst (2005) auf die optimale N-Düngermenge im Frühjahr (2006)

Die N-Effizienz im Winterrapsanbau kann durch mehrere Maßnahmen verbessert werden. So konnte einerseits aufgezeigt werden, dass dem N-Management nach der Ernte eine besondere Rolle zukommt, zugleich aber auch eine bedarfsgerechte und standortangepasste N-Düngung für den umweltschonenden Rapsanbau essentiell ist.

Literatur

Henke, J.; Breustedt, G., Sieling, K. & Kage H. 2007: Impact of uncertainty on the optimum nitrogen fertilization rate and agronomic, ecological and economic factors in an oilseed rape based crop rotation. Journal of Agricultural Science, Cambridge: accepted.

Kage, H. & Stützel, H. 1999: HUME: an object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems. In: Modelling Cropping Systems, ESA conference, Lleida June 1999 (Eds.: Donatelli, C. S. M.; Villalobos, F. & Villar, J. M.), pp. 299-300: Leida, Spain: European Society of Agronomy.

Reau, R.; Wagner, D. & Palleau, J. P. 1994: End of winter diagnosis: winter rapeseed (Brassica napus) and nitrogen fertilization. Proceedings of the 3rd Congress, pp. 220-221. Padova, European Society of Agronomy.

Sieling, K. & Kage, H. 2006: N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape - winter wheat - winter barley rotation. Agriculture, Ecosystems & Environment 115: 261-269.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 126–129 (2007)

Anthropogene Nährstoffe im Pflanzenbau – Wirkung und Risiko

Andreas Muskolus

Einleitung

Die in Westeuropa weitgehend verbreitete Schwemmkanalisation verursacht eine Vermischung der in menschlichen Ausscheidungen enthaltenen Pflanzennährstoffe mit Schadstoffen. Im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft wäre die gefahrlose Rückführung von Stickstoff, Phosphor und Kalium aus der menschlichen Nahrungskette auf landwirtschaftliche Nutzflächen angebracht, kann aber system-bedingt nicht gewährleistet werden (LUNDIN et al., 2003). Pflanzennährstoffe werden vom Menschen größtenteils mit dem Urin ausgeschieden. Dezentrale alternative Sanitärkonzepte ermöglichen es, durch den Einsatz spezieller Separationstoiletten Urin und Fäkalien vermischungsfrei und für den Nutzer ohne Komfortverlust zu separieren sowie als Düngemittel zur Verfügung zu stellen. Menschlicher Urin ist in Deutschland laut Düngemittelverordnung nicht zur Ausbringung auf landwirtschaft-lichen Nutzflächen zugelassen. Da Separationstoiletten und besonders wasserlose Urinale in öffentlichen Gebäuden zunehmende Verbreitung finden, besteht hier Forschungsbedarf: Vorraussetzung für die Prüfung einer Zulassung als Düngemittel sind fundierte Informationen über den Nutzen und die Gefahren der Feldapplikation von Humanurin aus Separationstoiletten.

Die Düngewirkung des anthropogenen Pflanzennährstoffes Urin ist für den Praxiseinsatz entscheidend. Aber auch der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit wird im Zusammenhang mit Düngestoffen organischen Ursprungs eine besondere Bedeutung beigemessen. Im Allgemeinen fördert die Zufuhr von Nährstoffen die bodenbiologische Aktivität (HANSEN & ENGELSTAD, 1996). Das in (tierischem) Urin vorhandene Ammonium kann aber auf Regenwürmer auch toxisch wirken (CURRY, 1976). Humanurin enthält weiterhin Stoffe, z.B. Arzneimittelrückstände, die potenziell negative Wirkungen auf die Makro- und Mikrofauna von Böden haben können. Der vorliegende Beitrag soll Informationen über die Ertragswirkung von Urin und die mit der Ausbringung verbundenen bodenökologischen Effekte bereitstellen.

Material und Methoden

Die Düngewirkung von Urin wurde an Hand von zweijährigen Parzellen-Feldversuchen in Berlin-Dahlem ermittelt (schluffiger Sandboden, mittlerer Jahresniederschlag 460 mm). Der Versuch war als Vergleich der Ertragswirkung von Urin und Kalkammonsalpeter (KAS) in den Stufen 50, 100 und 150 kg ha^{-1} N angelegt. Beide Düngerarten wurden zum gleichen Zeitpunkt aber in zwei Gaben unterteilt mit etwa vierwöchigem Abstand ausgebracht. Dem KAS wurden Triple-Superphosphat und Kornkali entsprechend den im Urin vorkommenden Mengen an P und K zugemischt. Winterroggen, Winterraps sowie Sommerweizen dienten als Versuchskulturen. Der in Separationstoiletten in Berlin-Stahnsdorf gesammelte Urin enthielt 0,4 % Stickstoff in Form von Ammonium.

Die bodenökologischen Effekte wurden am Verhalten von Regenwürmern (im Labor und im Freiland) und an der Dehydrogenase-Aktivität untersucht. Regenwürmer gehören zu den am häufigsten untersuchten terrestrischen Bio-Indikatoren. Ihr Vorkommen beeinflusst aber auch direkt die Bodenfruchtbarkeit. Im Labor wurden

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften,
Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

Regenwurm-Vermeidungstests durchgeführt, bei denen davon ausgegangen wird, dass Lumbricidae bereits bei geringem Chemikalienstress Verhaltensänderungen zeigen. Im Hinblick auf die Beurteilung kontaminierter Böden wird der Test als Screeningtest mit einer hohen Sensitivität eingestuft (LINDEMANN 2004). In dem verwendeten Mehrkammersystem nach STEPHENSEN et al. (1998) hatten die Tiere in Holzkästen mit vier Kammern bei der Einwanderung die Wahlmöglichkeit zwischen vier Versuchsvarianten. Die Auszählung der Tiere erfolgte 24 Stunden nach dem Einsetzen. Im ersten Vermeidungstest sollte der Einfluss von Urin mit unterschiedlicher Verweildauer im Boden auf *Eisenia fetida* (Kompostwurm) untersucht werden. Neben einer unbehandelten Kontrolle beinhaltete dieser Versuch eine Variante aus Boden mit vor 24 Stunden, vor 14 Tagen und vor 28 Tagen eingemischtem (abgelagertem) Urin. Bezogen auf die Fläche der Kästen entsprach die jeweils ausgebrachte Urinmenge einer Feldapplikation von 150 kg ha^{-1} N. Im zweiten Regenwurm-Vermeidungstest wurde die Wirkung von Urin sowie die der Urinbestandteile Ammoniak und Arzneimittelrückstände auf *Aporrectodea caliginosa* (im Acker vorkommende Art) untersucht. Der verwendete Urin enthielt keine nachweisbaren Mengen Antibiotika oder synthetische Hormone aus Humanarzneimitteln aber durchschnittlich 470 µg l^{-1} des Lipidsenkers Bezafibrat® und ebensoviel vom entzündungshemmenden Schmerzmittel Ibuprofen®. Im Testsubstrat „Arzneimittelrückstände“ wurden diese beiden Wirkstoffe in den Mengen, wie sie in der Variante „Urin“ enthaltenen waren, dem Boden zugemischt. Das Testsubstrat „Ammoniak“ enthielt eine 0,4 %-ige Ammoniaklösung (Suprapur®, Fa. MERCK), in der im Urin gemessenen Menge.
Im Feldversuch mit Winterroggen wurden parallel zu den Düngeversuchen die Regenwurmpopulationen nach der Ausbringung von KAS und Urin sowie in einer unbehandelten Kontrolle untersucht. Auf den gedüngten Parzellen war eine Menge von 150 kg ha^{-1} N, unterteilt in zwei Gaben, appliziert worden. Boden von insgesamt 1 m² je Variante, unterteilt in acht Wiederholungen, wurde 20 cm tief ausgehoben und die darin enthaltenen Regenwürmer sowie Kokons gezählt. In den beiden Versuchsjahren 2005 und 2006 erfolgte die Auszählung zwei Wochen nach der Düngung und im Herbst nach der Ernte.
Die Dehydrogenase-Aktivität (DHA) erlaubt Aussagen über die gesamte *mikrobielle Aktivität* des Bodens. Fruchtbarer Boden besitzt eine hohe Aktivität, Schadstoffe wirken dagegen hemmend. Die Messungen der DHA erfolgten ebenso im Feldversuch mit Winterroggen. Neben der Kontrolle wurde in den Stufen 50, 100 und 150 kg ha^{-1} N jeweils aus Urin, sowie aus Kalkammonsalpeter, Boden bis 15 cm Tiefe beprobt. Auf jeder der vier Parzellen pro Variante wurden 5 Bodenproben entnommen und aus diesen Mischproben erstellt. Die Analyse erfolgte nach der von THALMANN (1967) beschriebenen Methode (DIN 19733-1). Dazu wurde das Bodenmaterial mit einer 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid-Lösung (TTC) versetzt und 24 h bei 27°C inkubiert. Das freigesetzte Triphenylformazan (TPF) wurde mit Aceton extrahiert und photometrisch bei 546 nm bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion
Die Ertragswirkung von Urin aus Separationstoiletten in den Jahren 2005 und 2006 ist in Abb. 1 relativ zur konventionellen Mineraldüngung mit KAS dargestellt. Bei keiner Fruchtart ergab sich im Feldversuch ein signifikanter Unterschied zwischen den Korn- bzw. Samenerträgen wenn statt KAS Urin ausgebracht worden war. Im Jahr 2006 wurden bei Winterroggen sogar leicht höhere Erträge geerntet. Der z.B. durch Ammoniak-Emissionen nach der Urinausbringung verursachte leichte Ertragsunterschied liegt in fast allen Fällen innerhalb einer Schwankungsbreite von 5%.

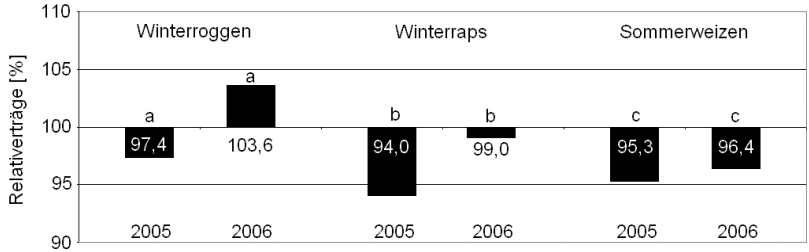


Abb. 1: Relative Erträge nach Applikation von Urin im Vergleich zu KAS (100 %),

In beiden Regenwurm-Vermeidungstest mieden die Tiere das Substrat mit kürzlich eingemischtem Urin (24 h) zu 100 % (Tab. 1). Nach einer zweiwöchigen Verweildauer nahmen die Regenwürmer den Boden teilweise wieder an. Die Dauer von 28 Tagen zwischen der Applikation und dem Einsetzten der Tiere (n = 27) bewirkte, dass zur unbehandelten Kontrolle (n = 35) nur noch ein tendenzieller Unterschied im Präferenzverhalten bestand.

Tab. 1: Präferenzverhalten der Regenwürmer im Vermeidungstests mit Humanurin

Test mit unterschiedlicher Einwirkzeit		Test mit Bestandteilen von Urin	
Varianten	Anzahl Tiere	Varianten	Anzahl Tiere
Kontrolle	35	Kontrolle	21
Urin 24 Stunden	0	Urin (24 Stunden)	0
Urin 14 Tage	18	Ammoniak	21
Urin 28 Tage	27	Arzneimittelrückstände	21
Gesamt	80	Gesamt	63

Diese Ergebnisse belegen einen zeitlich begrenzten Vermeidungs-Effekt von *Eisenia fetida* nach Urinapplikation. Offenbar finden nach der Einmischung im Boden Ab- und Umbauprozesse statt, bei denen die auf die Tiere störend wirkenden Stoffe verändert oder dezimiert werden. Durch die Zugabe des basischen Urins stieg der pH-Wert des Bodens, während der Verweildauer fiel der Wert dann unter den Ausgangswert des Bodens (nicht gezeigt). Die Versauerung weist auf eine Nitrifizierung des im Urin enthaltenden Ammoniums hin. Eine damit einhergehende Verminderung der vom Ammonium ausgehenden Toxizität könnte die Wiederannahme des Substrates erklären. Im zweiten Vermeidungstest wurde die Ammoniak-Variante im gleichen Maße wie die Kontrolle von den Versuchstieren angenommen, obwohl die Urin-Variante wiederum gemieden wurde. Ammoniak allein beeinflusst das Regenwurmverhalten offenbar nicht. Auch die Variante mit Arzneimitteln wurde angenommen, was auf Grund des Versuchsaufbaus allerdings keine Schlüsse über die langfristige Gefährdung durch die untersuchten Stoffe zulässt.

Die Regenwurm-Abundanzen im Freiland wurden in beiden Versuchsjahren durch Ausbringung von Urin im Vergleich zur Mineraldüngung etwa um die Hälfte dezimiert. 2005 wurden im Herbst in allen Varianten ausgeglichene Regenwurm-Abundanzen gezählt, während sich im darauf folgenden Jahr die Anzahlen in der Zeit zwischen Mai und September nicht wesentlich änderten (Tab. 2). Die Regenwürmer werden von der Bodenfeuchte beeinflusst. Diese war 2006 während der Vegetationsperiode am Standort deutlich niedriger als im Vorjahr (nicht gezeigt). Da die Trockenheit

direkt nach der Düngung einsetzte, konnte ein Wiederansteigen der Regenwurmzahlen bis zum September nicht erfolgen.

Tab. 2: Regenwurm-Abundanzen nach Ausbringung von Urin und Kalkammonsalpeter (KAS), im Mai nach der Düngung und im September nach der Ernte

	Versuchsjahr 2005 Abundanz [Tiere m^2]			Versuchsjahr 2006 Abundanz [Tiere m^2]	
Varianten	Mai	September	Varianten	Mai	September
Kontrolle	28	53	Kontrolle	31	41
Urin	11	45	Urin	10	14
KAS	19	42	KAS	23	21

Auch die Mineraldüngung wirkte durch die Förderung des Wuchses verringernd auf die Bodenfeuchte und somit negativ auf die Abundanzen. Rinder- oder Schweinegülle kann vorübergehend toxisch auf Regenwürmer wirken (CURRY, 1976), allerdings nicht im hier für Urin gefundenen Maße. Der in diesen Stoffen vorhandene organische Kohlenstoff bewirkt nach einiger Zeit ein Ansteigen der Regenwurmzahlen. Menschlicher Urin enthält nur sehr wenig organische Substanz und gelangt nach Oberflächenapplikation schneller in Regenwurmgänge, wo er im direkten Kontakt toxisch wirkt.

Die Dehydrogenase-Aktivität zeigte in den parallel zu den Regenwurmuntersuchungen im Mai 2006 durchgeführten Messungen keine Unterschiede zwischen der mikrobiellen Aktivität nach Düngung mit KAS oder Urin. Die Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere N, bewirkte durch beide Düngerarten gleichermaßen einen Anstieg der Aktivität auf bis zu 47,0 mg TPF 100 g^{-1} Boden 24 h^{-1}. Im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle entsprach das einer Zunahme um 64 %.

Fazit: Durch die Feldapplikation von Urin aus Separationstoiletten oder wasserlosen Urinalen können auf Sandboden die gleichen Erträge erzielt werden wie nach konventioneller Mineraldüngung. Die Regenwurmaktivitäten werden dabei im Vergleich zu Mineraldünger (KAS) deutlich negativ beeinflusst. Nach der Ausbringung finden im Boden Abbauprozesse statt, so dass der Effekt nur von kurzer Dauer ist, solange die Witterung eine Reproduktion der Tiere zulässt. Die Gesamtaktivität der Mikroorganismen wird nicht beeinträchtigt.

Literatur

CURRY, J.P. 1976: Some effects of animal manures on earthworms in grassland. Pedobiologia 16: 425–43.

HANSEN, S. & ENGELSTAD, F. 1999: Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation, Applied Soil Ecology 13 (1999) 237- 250.

LINDEMANN, M. 2004: Vergleichende Untersuchungen zur Standardisierung des Regenwurm-Vermeidungstest mit *Eisenia fetida*. Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur.

LUNDIN, M.; OLOFSSON, M.; PETTERSSON, G.J.; ZETTERLUND, H. 2003: Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options; Resources, Conservation and Recycling 41 (2004) 255–278.

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, 67-8.

THALMANN, A. 1967: Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Böden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität. Dissertation, Universität Gießen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 130–133 (2007)

Vergleichende Bewertung ein- und mehrjähriger Anbausysteme von Energiepflanzen mit unterschiedlicher Bestandesführung

Constanze Böhmel

Einleitung

Die Bereitstellung einheimischer, qualitativ hochwertiger Biomasse für moderne Energiekonversionsverfahren leistet einen Beitrag zur Ergänzung endlicher fossiler Energieträger und zur Minderung des Ausstoßes klimarelevanter Gase. Eine effiziente Energieproduktion ist durch eine hohe Land- und Energienutzung, sowie durch hohe Nettoenergieerträge gekennzeichnet. Konversionsspezifische Qualitäten der Biomasse, die während des Anbaus optimiert werden können, tragen zur Effizienzsteigerung bei (Lewandowski und Kauter, 2003). Unterschiedliche Biomassen mit ihren spezifischen Eigenschaften dienen als Grundlage diverser Energieträger. Ein- und mehrjährige Energiepflanzen stehen für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion zur Verfügung, die den ersten Faktor in der Bereitstellungskette erneuerbarer Energieträger darstellt. Optimierte standortangepasste Energiepflanzen und Produktionssysteme stellen einen Schlüsselfaktor für die Realisierung nachhaltig hoher Biomasse- und Nettoenergieerträge (Smeets et al., 2007) dar.

Die Biomasseproduktion für Biokraftstoffe der ersten Generation muss weiterhin verbessert werden, während gleichzeitig Biomassen für Biokraftstoffe der zweiten Generation optimiert und bewertet werden müssen, um die Bereitstellung zukünftig zu sichern. Vor diesem Hintergrund stellt die Identifizierung und Optimierung einer standortangepassten Energiepflanzenproduktion eine Hauptaufgabe zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien dar. Zentrale Ziele dieser Studie waren:

- der direkte Vergleich von ein- und mehrjährigen Energiepflanzen unter unterschiedlich intensiver Bestandesführung anhand einer Energiebilanz und Ermittlung geeigneter effizienter Produktionssysteme;
- die Identifizierung eines energieertragreichen und nachhaltigen Anbaussystems mit der Hauptfrucht Energiemais zur Bereitstellung von Substrat für die Biogasanlage;
- die Optimierung der spezifischen Qualität über geeignete Anbaumaßnahmen.

Material und Methoden

Die Basis der Untersuchungen bildeten vier Feldversuche, die auf Versuchsstationen der Universität Hohenheim (Ihinger Hof, Oberer Lindenhof und Hohenheim) durchgeführt wurden (Tab. 1). In allen Versuchen wurde der Biomasseertrag anhand von Schnitten zum jeweiligen Nutzungszeitpunkt erfasst.

Die Ertragsdaten des ersten Versuches (Artenvergleich) dienten als Grundlage einer Energiebilanzierung. Die Inputparameter wurden anhand der Basisdatensätze von Kaltschmitt und Reinhardt (1997) und KTBL (2005) berechnet. Der Nettoenergieertrag errechnet sich über den Biomasseertrag und den unteren Heizwert. Der Bruttoenergieertrag ist die Differenz von Nettoenergieertrag und Energieinput. Das Output/Input-Verhältnis stellt die Energienutzungseffizienz (ENE) dar. Die Landnutzungseffizienz ist der Quotient aus Landfläche und Biomasseertrag.

Die Biomasseproben aller Kulturen des zweiten und dritten Versuches (Energiemais) wurden mittels des Hohenheimer Biogasertragstests (Helffrich und Oechsner, 2003) auf den spezifischen Methanertrag hin untersucht. Energiemaisproben des zweiten Versuches wurden anhand der NIRS-Analyse auf die chemischen Eigenschaften

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

Stärkegehalt, Fasergehalt und *in vitro* Verdaulichkeit geprüft. Im dritten Versuch wurden zu mehreren Zeitpunkten Bodenproben zur Analyse von N_{min} gezogen. Untersuchungen des vierten Versuches beinhalteten Kalium- und Chloranalysen der Korn-, Stroh- und Bodenproben.

Tab. 1: Vier Feldversuche der Studie, Versuchsfaktoren und untersuchte Parameter

Versuchsdaten	Versuchsfaktoren	Untersuchte Parameter
1) Arten-vergleich (ein- und mehr-jährige Arten) Ihinger Hof 2002-2005 2-faktoriell	a) 6 Anbausysteme: Weide im 3-jährigen Umtrieb; Miscanthus; Rutenhirse; Energiemais; Fruchtfolge mit Pflug (Winterraps – Winterweizen – Wintertriticale); Fruchtfolge mit Direktsaat (gleiche Kulturarten) b) 3 N-Düngungsstufen: 0 kg N ha^{-1}; mittlere N-Gabe ha^{-1}; hohe N-Gabe ha^{-1} pro System	Ertrag, Energiebilanz, Energie- und Landnutzungs-effizienz
2) Energiemais Hohenheim 2004-2006 2-faktoriell + Zeitfaktor	a) 9 unterschiedlich reifende Maissorten zwischen mittelfrüh und sehr spät reifend b) 6 Fruchtfolgen: Mais Monokultur; Mais mit Untersaat (Weidelgras); Mais – Winterweizen (WW); Mais – WW – und folgend die Winterzwischenfrüchte (WZF) Grünroggen, Winterrübsen oder Weidelgras Zeitfaktor: 4 aufeinander folgende Erntetermine ab Mitte September im 14-tägigen Abstand	Ertrag, Trocken-substanzgehalt, Methanertrag, chemische Analyse über NIRS
3) Energiemais Ihinger Hof 2004-2005 3-faktoriell	a) 4 unterschiedlich reifende Maissorten zwischen mittelfrüh und sehr spät reifend b) 6 Fruchtfolgen (siehe oben) c) 2 Ertragsstrategien: frühe Saat und späte Ernte Mais; späte Saat und frühe Ernte Mais	Ertrag, Trocken-substanzgehalt, N_{min}, Methanertrag
4) Triticale Oberer Linden-hof, 2003-2005 2-faktoriell	a) 2 Strohvarianten: Stroh der Vorfrucht wird abgefahren; Stroh verbleibt b) 4 Kaliumdüngungsvarianten: keine K-Düngung; KCl im Frühjahr; KCl im Herbst; K_2SO_4	Ertrag, K- und Cl-Gehalte im Erntegut und Boden

Ergebnisse und Diskussion

Die Energienutzungseffizienz ist ein Maß für die Verwertung von fossiler Energie für den Anbau einer Energiepflanze im Vergleich zur produzierten Bioenergie. Liegt der Wert über 1, so liefert das System mehr Energie, als es konsumiert. Die ENE, der Nettoenergieertrag und die Landnutzungseffizienz unter optimaler Stickstoffversorgung der getesteten Energiepflanzen des ersten Versuches sind in Tab. 2 dargestellt. Tab. 3, die eine Zusammenstellung von Daten aller vier Versuche zeigt, gibt einen Überblick über Inputparameter einer nachhaltigen Energiepflanzenproduktion, mittlere gemessene Biomasseerträge und geeignete Konversionsverfahren.

Der Vergleich ein- und mehrjähriger Anbausysteme zeigte folgende Ergebnisse:

- Weide erzielte im ersten Umtriebszyklus die höchste Energienutzungseffizienz, was auf die nicht notwendige Düngung während der ersten Jahre und nur geringe Pflegemaßnahmen zurückzuführen ist.
- Miscanthus als ein C_4-Gras war die ertragsstärkste mehrjährige Energiepflanze (max. 22,6 t TM ha^{-1} a^{-1}), die jedoch aufgrund der hohen Energieaufwendung für das Pflanzgut eine geringere Energienutzungseffizienz aufwies.

- Rutenhirse, ebenfalls ein C_4-Gras, lieferte den geringsten Biomasse- und Nettoenergieertrag, was auf ungünstige Standortverhältnisse zurückzuführen ist. Sie ist relativ trockenheitstolerant und gedeiht besser auf leichten Böden und marginalen Standorten. Unter diesen Verhältnissen ist sie anderen Energiepflanzen überlegen.
- Fruchtfolgen mit reduzierter Bodenbearbeitung (Direktsaat) haben ebenso wie mehrjährige Anbausysteme Potential zur C-Fixierung im Boden. Da kein Unterschied im Ertragsverhalten beider Fruchtfolgen bestand, kann die Direktsaat als Maßnahme zur Bodenkonservierung lohnend eingesetzt werden. Es zeigten sich keine Vorteile im Hinblick auf den Energieaufwand, was mit erhöhtem Pflanzenschutzmittel- und Krafteinsatz zur Direktsaat zu begründen ist.
- Energiemais konnte als die Energiepflanze mit den höchsten Biomasse- und Nettoenergieerträgen identifiziert werden. Die jährlichen Aufwendungen waren zwar im Vergleich der anderen Energiepflanzen relativ hoch (Boehmel et al., 2007), jedoch wird der Energieaufwand durch einen sehr hohen Bruttoenergieertrag kompensiert.

Tab. 2: Nettoenergieertrag, Energie- und Landnutzungseffizienz getesteter ein- und mehrjähriger Anbausysteme (Versuch 1)

Energiepflanze	NEE [a] (GJ ha^{-1} a^{-1})	ENE [b] (GJ GJ^{-1})	LNE [c] (m^2 t^{-1} TM)
Weide	257	99	710
Miscanthus	255	32	669
Rutenhirse	230	34	771
Energiemais	342	29	545
Fruchtfolge Pflug	249	20	692
Fruchtfolge Direktsaat	251	21	686

[a] Nettoenergieertrag.
[b] Energienutzungseffizienz.
[c] Landnutzungseffizienz; Landfläche (m^2), die für die Produktion von 1 t TM gebraucht wird.

Ergebnisse des zweiten und dritten Versuches zeigten, dass:
- sich in nachhaltig gestalteten Fruchtfolgen mit einer zweiten Frucht Winterweizen und einer Winterzwischenfrucht (Grünroggen) hohe Erträge (21,1 t TM ha^{-1} a^{-1}) mit minimierten ökologischen Folgen wie Nitratauswaschung kombinieren lassen;
- die höchsten Biomasseerträge in der Fruchtfolge Mais in Monokultur mit Spitzenwerten bis zu 28,2 t TM ha^{-1} a^{-1} erzielt wurden;
- mittelfrüh reifende Maissorten ein geringeres Biomasseertragspotential hatten, jedoch geeignete Qualitäten (Trockensubstanzgehalte) aufwiesen, die für die nachfolgende Konservierung in Form von Silage wichtig sind;
- sehr spät reifende Sorten an Standorten mit ausreichend langer Vegetationsperiode sehr hohe Biomasseerträge mit akzeptablen Qualitäten erbringen können;
- Sortenunterschiede bezüglich des spezifischen Methanertrages bestanden, die jedoch weder mit qualitativen noch quantitativen Merkmalen erklärt werden konnten;
- die Energie- bzw. Methanerträge pro Fläche sehr stark mit den Biomasseerträgen korrelierten;
- die chemischen Eigenschaften von Energiemais moderat korrelierten mit den spezifischen Methanerträgen der spät reifenden Sorten. Hohe Gehalte an Stärke und eine gute Verdaulichkeit förderten den anaeroben Abbau. Die NIRS-Analyse stellt derzeit jedoch keine ausreichend aussagekräftige Methode über die Höhe des spezifischen Methanertrages von Mais dar.

Der vierte Versuch (Qualitätsanalyse von Triticale als Festbrennstoff) ist vor dem Hintergrund der sich verknappenden Holzvorräte und der Suche nach alternativen erneuerbaren Festbrennstoffen zu betrachten. Der Versuch zeigte, dass:

- die Gehalte an verbrennungsrelevanten Stoffen wie Kalium und Chlor im Erntegut sehr stark von der Witterung, dem Ertragsverhalten und weniger stark von pflanzenbaulichen Parametern abhängen;
- das Stroh der Vorfrucht abgefahren und eine K-Düngung unterlassen werden sollte.

Tab. 3: Merkmale und Parameter der Produktion ausgewählter Energiepflanzen

Energiepflanze	N-Düngung kg N ha^{-1} a^{-1}	TK [a] l H_2O kg^{-1} TM	Mittlerer Ertrag t TM $ha^{-1}a^{-1}$	Weitere Parameter	Konversions-technologie
Weide	0	300-700	14,8	wenig PSM	FBS [c], BtL [d]
Miscanthus	40	150-350	16,5	wenig PSM	FBS [c], BtL [d]
Rutenhirse	80	150-300	14,1	wenig PSM	FBS [c], BtL [d]
Mais	120	150-300	19,1		Biogas
Winterweizen [b]	160	400-800	14,6	Direktsaat	FBS [c], Biogas [e]
Wintertriticale [b]	160	400-800	16,2	Direktsaat, keine K-Düngung	FBS [c]
Winterraps [b]	240	400-800	11,0	Direktsaat	Kraftstoff
Winterzwischen-früchte (WZF)	40-80		3,7	reduzierte N-Verluste	Biogas
Gras (WZF oder Untersaat)	40-80		2,5	reduzierte N-Verluste	Biogas

[a] Transpirationskoeffizient.
[b] Korn und Stroh.
[c] Festbrennstoff.
[d] Biomass to liquid, Konversionsverfahren der 2. Generation zur Produktion modellierter Biokraftstoffe.
[e] Biogasproduktion bei Ernte im Stadium der 'Milchreife' und Silierung.
TM: Trockenmasse.
PSM: Pflanzenschutzmaßnahmen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass ausgewählte Energiepflanzen und Anbausysteme mit entsprechenden pflanzenbaulichen Maßnahmen zu einer guten Standortanpassung, hoher Biomassequalität und hohen Nettoenergieerträgen führen. Lignocellulosehaltige Biomasse (Weide und Miscanthus) mit entsprechender Qualität eignet sich besonders für die Verbrennung oder innovative Konversionsverfahren der zweiten Generation, während feuchte Biomasse (Mais, Ganzpflanzensilage) für die anaerobe Vergärung bereitgestellt werden kann. Fruchtfolgen lassen sich über Diversität und reduzierten Input nachhaltig und ökologisch gestalten.

Literatur

Boehmel, C.; I. Lewandowski und W. Claupein 2007: Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. Agricultural Systems, angenommen.

Helffrich, D. und H. Oechsner 2003: Hohenheimer Biogasertragstest. Landtechnik 58: 148-149.

Kaltschmitt, M. und G.A. Reinhardt 1997: Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden.

KTBL 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

Lewandowski, I. und D. Kauter 2003: The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain crops for solid fuel use. Ind. Crop. Prod. 17 (2): 103-117.

Smeets, E.M.W.; A:P.C. Faaij; I.M. Lewandowski und W.C. Turkenburg 2007: A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. Progress in Energy and Combustion Science 33: 56-106.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 134–137 (2007)

Quantifizierung der Düngerausnutzung in futterbaulichen Produktionssystemen mittels Stabilisotopen- und Differenzmethode

David U. Nannen

Einleitung

In futterbaulichen Produktionssystemen intensiver Milchviehbetriebe in Norddeutschland und Westeuropa haben Grünland und Silomais in Monokultur eine hohe Anbaubedeutung. Beide werden in den entsprechenden Regionen mit relativ hohen N-Intensitäten bewirtschaftet, sodass oftmals zu hohe N-Flächenbilanzsalden zu verzeichnen sind. Da sich die Betriebe häufig auf sandigen humosen Böden befinden, welche durch eine hohe Permeabilität gekennzeichnet sind, unterliegen die N-Überschüsse einem hohen Auswaschungsrisiko. Die N-Austräge können zu Überschreitungen der Grenzwerte von Nitratkonzentrationen im Trinkwasser führen, die in der EU-Nitratrichtlinie (EU nitrate directive 91/676/EEC) gefordert werden. Somit sind diese Produktionssysteme nicht mit der guten fachlichen Praxis vereinbar, und es bedarf der Entwicklung alternativer nachhaltiger low-input-Anbausysteme, in welchen die Optimierung der Steuergröße Stickstoff eine zentrale Stellung einnehmen muss. Hierbei sind Kenntnisse über N-Düngerausnutzungen von hoher Priorität.

Ziel der Arbeit war es, die Bedeutung von Mineraldünger und Gülle in futterbaulichen Produktionssystemen mittels ^{15}N-Markierung für den Pflanzenbestand zu bewerten. Dies wird im Folgenden anhand von Silomais in Monokultur aufgezeigt. Da in der Literatur beschrieben ist, dass bei hohen N-Applikationsmengen und zusätzlichen N-Quellen im System die Ausnutzung eines Düngers sinken kann (z.B. Reddy & Reddy, 1993; Jokela & Randall, 1997), wurde in der vorliegenden Arbeit die Düngerausnutzung in Abhängigkeit dieser Faktoren getestet. In einem zweiten Schritt wurden die über die ^{15}N-Methode berechneten Ausnutzungsgrade (FNR) mit den scheinbaren Ausnutzungen (ANR) verglichen, da ^{15}N im Boden Mineralisations- und Immobilisationsprozessen unterworfen ist, und somit die Bedeutung der jeweiligen N-Quelle häufig unterschätzt wird. Die scheinbaren Ausnutzungen hingegen tendieren oft zu Überschätzungen der N-Ausnutzung, was besonders auf Böden mit hohem N-Nachlieferungspotential ausgeprägt ist (Rao et *al.*, 1992).

Daher konnten folgende Arbeitshypothesen aufgestellt werden:

- die ANR-Werte werden aufgrund der Bodenverhältnisse die FNR-Werte übersteigen
- die Ausnutzung eines Düngers sinkt mit zunehmender N-Düngungrate
- die Ausnutzung eines Düngers wird durch zusätzliche N-Quellen im System negativ beeinflusst

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde 1998-2000 auf dem Versuchsgut Karkendamm/Schleswig-Holstein durchgeführt. Der Standort ist durch ein temperiertes Klima gekennzeichnet mit Jahresniederschlägen von 823 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8.4°C. Der humose Boden kann als Rigosol charakterisiert werden mit einem Lehmgehalt von 5-7% und einem pH von 4.5-5. Auf den Versuchsflächen wurde seit 1992 durchgehend Silomais angebaut und mit moderaten N-Mengen gedüngt. In

Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität zu Kiel

einem ersten Teilexperiment wurde auf Microplots ^{15}N-markierter Mineraldünger (0, 50, 150 kg N/ha) in zwei gleichen Teilgaben appliziert. In den Varianten mit 50 kg N/ha wurde zusätzlich unmarkierte Rindergülle als Versuchsfaktor eingesetzt (0, 40m³; 40 m³ entspricht einer Güllegabe von durchschnittlich 120 kg N/ha). In einem zweiten Teilexperiment wurde ebenfalls auf Microplots ^{15}N-markierte Rindergülle ausgebracht (40m³), welche durch Fütterung angereicherten Materials gewonnen wurde. Zusätzlich wurde in den Güllevarianten unmarkierter Mineraldünger (0,50 kg N/ha) in zwei Teilgaben appliziert. Die Kodierung der einzelnen Varianten ist in Tab.1 aufgezeigt.
Die Ernte der Microplots erfolgte zur Siloreife. Die Pflanzen wurden auf Bodenhöhe geerntet und in die Fraktionen Blatt, Kolben und Stängel fraktioniert. Der ^{15}N-Gehalt wurde mit einem Massenspektrometer gemessen, die Gesamt-N-Gehalte mittels NIRS geschätzt.
Die Berechungen der wiedergefundenen Düngermengen (kg N/ha) über die ^{15}N-Methode erfolgten nach Hauck & Bremner (1976):

$$\text{Ndff (kg N/ha)} = (ape_{Pfl}/ape_{Düng})*NY$$

mit ape_{Pfl}= atomprozent excess Pflanzenmaterial, $ape_{Düng}$ = atomprozent excess Dünger, NY = N-Ertrag (kg N/ha).

Die Berechnung der scheinbar wiedergefundenen Düngermenge (kg N/ha) erfolgte über die Differenzmethode nach Wagner (1952):

$$\text{Ndff (kg N/ha)} = NY_{ged} - NY_{unged}$$

mit NY_{ged}= N-Ertrag (kg/ha) in gedüngter Variante, NY_{unged}= N-Ertrag (kg/ha) in ungedüngter Variante.

Die Düngerausnutzung (%) wurde berechnet, indem die wiedergefundene Düngermenge ins Verhältnis zum applizierten Dünger gesetzt und mit 100 multipliziert wurde.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit MIXED PROC im Programmpaket SAS. Da kumulative Effekte nicht ausgeschlossen werden können, gingen dreijährige Mittelwerte in die Berechnung ein. Die Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei α=0.05, wobei signifikante Effekte mit einem Tukey-Test korrigiert wurden. Die dargestellten Werte sind LSmeans der 4 Feldwiederholungen, Fehlerbalken stellen Standardfehler des Modells dar.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamt-TM-Erträge waren in den Kontrollvarianten mit 72 dt/ha am niedrigsten ($p<0.001$) (Tab.1). In den gedüngten Varianten lagen sie mit 118-143 dt/ha deutlich höher, unterschieden sich aber zwischen den Düngungsstufen nicht signifikant voneinander. Die N-Erträge der Kontrollvariante waren mit 47 kg N/ha ebenfalls am geringsten (Tab.1). Mit Ausnahme der N-Erträge in 40-0 und 0-50 unterschieden sich die anderen Varianten signifikant voneinander mit N-Erträgen von 96-169 kg N/ha.

Tabelle 2 Kodierung der unterschiedlichen Düngungen mit Gülle ($N_{Gül}$) und Mineraldünger (N_{Min}), sowie Gesamt-TM-Erträge [dt/ha] und Gesamt-N-Erträge [kg N/ha]

$N_{Gül}$	N_{Min}	Code	TM	N
0	0	0-0	71.5	46.9
40	0	40-0	122.3	111.8
40	50	40-50	133.7	139.6
0	50	0-50	118.2	95.8
0	150	0-150	142.9	168.9

Die Wiederfindungsraten der Gülle wurden den ^{15}N-Daten zufolge nicht durch zusätzlichen Mineraldünger beeinflusst (p>0.05) und betrugen im Mittel 21% (Abb.1). Die ANR von Gülle lag bei alleiniger Gülleapplikation bei 62% und in Kombination mit Mineraldünger bei 39% (Abb.1). Jedoch konnte aufgrund der hohen Streuung kein signifikanter Unterschied abgesichert werden (p>0.05). Bei Mineraldünger lag die FNR mit 54-61% deutlich über den Ergebnissen der Gülle. Die FNR-Werte wurden weder durch Düngungsintensität noch durch zusätzlich applizierte Gülle beeinflusst. Die ANR hingegen war durch die Güllegabe signifikant geringer und betrug für 40-50 lediglich 56%, während die ANR in der Variante ohne Güllegabe bei 98% lag; in der hoch gedüngten Mineraldüngervariante lagen die scheinbaren Wiederfindungsraten bei 81%.

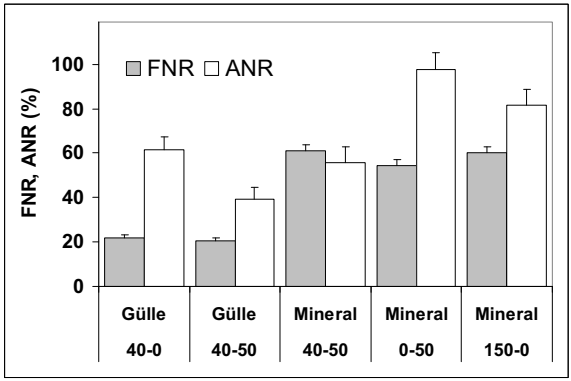


Abbildung 6: Über die Stabilisotopenmethode (FNR) und Differenzmethode (ANR) berechnete Düngerausnutzungen für Gülle und Mineraldünger in den unterschiedlichen Düngungskombinationen. Fehlerbalken sind Standardfehler.

Die geringeren FNR-Werte im Vergleich zur ANR sind der ^{15}N-Methode zufolge auf eine vermehrte Aufnahme von Nicht-Dünger-N (NDN) (= Gesamt-N minus Dünger-N) in gedüngten Varianten zurückzuführen (Abb.2). Jedoch waren diese in den reinen Mineraldüngervarianten stets geringer als der nicht wiedergefundene Dünger, was nicht auf einen positiven ANI-Effekt (added nitrogen interaction) hindeutet, sondern auf einen scheinbaren ANI (Jenkinson et *al.*, 1985). Diese Fehlerquelle der ^{15}N-Methode führte auch schon in vorangegangene Studien zu Unterschätzungen der Düngerausnutzung (Stevens et *al.*, 2004).

In den Güllevarianten war der zusätzlich aufgenommene NDN ebenfalls geringer als der nicht wiedergefundene Gülle-N. Dies deutet zum einen auf MIT-Prozesse (mineralisation-immobilisation-turnover) hinsichtlich des aktuell applizierten Gülle-N hin, und zum anderen auf eine Residualwirkung vorangegangener

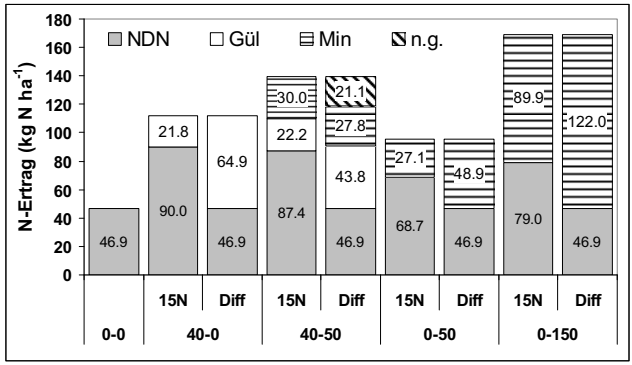


Abbildung 7: Zusammensetzung der Gesamt-N-Erträge [kg/ha] in Abhängigkeit der Düngung. NDN=Nicht-Dünger-N, Gül=Gülle-N, Min=Mineraldünger-N, n.g.=nicht gefundener N.

unmarkierter Güllegaben. Jedoch zeigten andere Studien, dass die Residualwirkung von Güllegaben jährlich bei 3-3.5% liegt (z.B. Muñoz et *al*., 2003; Berntsen et *al*., 2007). Somit könnte trotz der MIT-Prozesse ein positiver ANI-Effekt vorliegen.
Auch die ANR unterlag Fehlern. So konnte mit der ^{15}N-Methode gezeigt werden, dass in der Variante, in der beide Dünger appliziert wurden (40-50), die Düngeraufnahme additiv erfolgte (Abb.2). Da für die Berechnung der ANR von Mineraldünger die reine Güllevariante (40-0) und für die Berechnung der ANR der Gülle die reine Mineraldüngervariante (0-50) als Kontrollvarianten dienten, konnten aufgrund der unterschiedlichen N-Erträge in den jeweiligen Kontrollvariante lediglich 43.8 bzw 27.8 kg Dünger-N berechnet werden. Es blieb eine Restdifferenz von 21.1 kg N/ha, die nicht über die scheinbare Wiederfindung abgedeckt wurden. Somit sind die scheinbaren Düngerausnutzungen bei den kombinierten Düngungsregimen Artekfakte. Der Ansatz der scheinbaren Düngerausnutzung ist für eine Berechnung einzelner Düngermengen bei kombinierter Düngung nicht geeignet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die kurzfristige Gülle-N-Ausnutzung deutlich unter den veranschlagten Werten der Düngeverordnung liegt. Die Dünger-N-Ausnutzung wird der FNR zufolge weder von der Düngermenge, noch von zusätzlichen N-Quellen beeinflusst. Die ANR-Werte deuten zwar eine Beeinflussung durch zusätzliche N-Quellen an, jedoch können mit dieser Methode die Ausnutzungsgrade bei kombinierter Düngung nur unzureichend abgebildet werden. Absolute Ausnutzungsgrade können mit keiner der beiden Methoden kalkuliert werden. Der Einsatz von Stabilisotopen kann jedoch genauere Informationen über den Verbleib des Dünger-N geben.

Literatur

Berntsen J., Petersen B.M., Sørensen P. & Olesen J.E. (2007) Simulating residual effects of animal manures using 15N isotopes. Plant and Soil, 290, 173-187.

Hauck R.D. & Bremner J.M. (1976). Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. Advances in Agronomy, 28, 219-266.

Jenkinson D.S., Fox R.H. & Rayer J.H. (1985) Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen - the so-called 'priming' effect. Journal of Soil Science, 36, 425-444.

Jokela, William E.; Randall, Gyles W (1997). Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. Soil Science Society of America Journal, 61, 1695-1703.

Muñoz G.R., Powell J.M. & Kelling K.A. (2003) Nitrogen budget and soil N dynamics after multiple applications of unlabeled or 15N-enriched dairy manure. Soil Science Society of America Journal, 67, 817-825.

Rao A.C.S., Smith J.L., Parr J.F. & Papendick R.I. (1992). Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. Fertilizer Research, 33, 209-217.

Reddy G.B. & Reddy K.R. (1993) Fate of nitrogen-15 enriched ammonium nitrate applied to corn. Soil Science Society of America Journal, 57, 111-115.

Stevens W.B., Hoeft R.G., Mulvaney R.L. (2005): Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study: II nitrogen uptake efficiency. Agronomy Journal, 97, 1046-1053.

Wagner R.E. (1954). Legume nitrogen versus fertilizer nitrogen in protein production of forage. Agronomy Journal, 46, 233-237.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 138–139 (2007)

Bodenstruktur und Zuckerrübenwachstum - Ergebnisse aus Dauerversuchen mit differenzierter Bodenbearbeitung

Heinz-Josef Koch, Jan Dieckmann & Henning Heuer

Einleitung

Auf Lössböden verändert flach mischende gegenüber tief wendender Bodenbearbeitung zahlreiche physikalische Bodeneigenschaften. Damit können die Wachstumsbedingungen der Feldfrüchte nachteilig beeinflusst werden. Sensitive Kulturen wie die Zuckerrübe reagieren darauf häufig mit Minderertrag (Tomanová et al. 2006). Auch die Befahrung des Bodens mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen kann die Bodenstruktur ungünstig verändern. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, 1. in welchem Ausmaß bearbeitungs- und befahrungsbedingte Ertragseffekte bei Zuckerrüben mit Unterschieden in der Bodenstruktur in verschiedenen Tiefen korrelieren und 2. welcher Anteil behandlungsbedingter Ertragsvarianz mit der Varianz ausgewählter Strukturparameter erklärt werden kann.

Material und Methoden

Die Studie wurden am Standort Harste bei Göttingen (Ut3, 150 m ü. NN; 8,8 °C; 602 mm) in einem 1992 angelegten Versuch mit dauerhaft differenzierter Bodenbearbeitung durchgeführt (30 cm tief gepflügt, <10 cm tief gegrubbert; 3 Felder à 4 Wdh., jährlich Zuckerrübe-Getreide-Getreide auf je einem Feld). Zusätzlich zur Versuchsbewirtschaftung mit leichten Maschinen wurde eine Hälfte jeder Bodenbearbeitungsparzelle ab dem Herbst 2001 jährlich ein Mal mit einem praxisüblichen Rübenroder (Radlast 8-12 Mg) bei feuchtem bis nassem Boden Spur an Spur befahren. Nach insgesamt 3-maliger Befahrung einer Teilparzelle wurden erneut Zuckerrüben angebaut, durch den zeitversetzen Beginn der Befahrung je Feld ein Mal im Zeitraum 2004-2006. Im April/Mai wurden folgende Parameter erfasst: Eindringwiderstand (EDW, 0-60 cm), Lagerungsdichte (LD), Luftkapazität (LK) und Pneumatische Leitfähigkeit (PL) bei pF 1,8 an Stechzylindern (250 cm^3) aus den Tiefen 5-10, 18-23, 30-35, 40-45, 55-60 cm (Heuer et al. 2006). Von Juli-September wurden 3 Ernten (5-10 m^2) durchgeführt. Die Rüben der Septemberernte wurde auf technische Qualität analysiert und der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) errechnet (Hoffmann 2006).

Die Datenanalyse erfolgte mit der Software SAS (Vers. 9.1) mit den Prozeduren CORR, REG, FACTOR (Hauptkomponentenanalyse) und GLM (Varianz- und Kovarianzanalyse, Abstufungen der Versuchsfaktoren zu Behandlungen vereint).

Ergebnisse und Diskussion

Die Regressionsanalyse ergab keine signifikanten Beziehungen zwischen den Bodenparametern und dem Ertrag für die Tiefen 5-10, 40-45 und 55-60 cm (nicht gezeigt). In 30-35 cm traten vereinzelt und in 18-23 cm Tiefe bis auf eine Ausnahme stets signifikante Bestimmtheitsmaße bis zu R^2=0.4 auf (Tab. 1): Abnehmende Werte von EDW und LD sowie zunehmende Werte von LK und PL korrelierten mit steigenden Erträgen. Die höchsten Bestimmtheitsmaße traten bei den Ernten im August auf (Ausnahme PL). Von den vier untersuchten Bodenstrukturparametern besaß der EDW in der Regel die engste Beziehung zum Ertrag.

In der Varianzanalyse war der Effekt der Behandlungen (Bodenbearbeitung x Befahrung) auf den BZE hoch signifikant (Tab. 2). Als Kovariable wurde der EDW

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

Tab. 1: R^2-Werte der Beziehung zwischen bodenphysikalischen Parametern in 18-23 cm Tiefe und Blatt- plus Rübenertrag (BR) von Zuckerrüben zu 3 Terminen in der Vegetationszeit bzw. dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE, nur Sept.). Ertragsparameter war die Differenz der Einzelwerte zum Mittel des jeweiligen Jahres. R^2 signif. bei $p \leq 0,05(*), 0,01(**), 0,001(***)$, N=36, Systemvers. Bodenbearb. Harste 2004-2006.

Erntetermin	Eindring-widerstand	Lagerungs-dichte	Luftkapazität	Pneumatische Leitfähigkeit
Juli BR	**0,25**** y=0,87-0,0070x	**0,22**** y=6,77-4,48x	**0,20**** y=-0,58+0,098x	**0,21**** y=-0,26+0,36x
August BR	**0,40***** y=1,71-0,014x	**0,41***** y=14,31-9,47x	**0,38***** y=-1,25+0,21x	**0,23**** y=-0,44+0,59x
Sept BR	**0,36***** y=2,66-0,021x	**0,19**** y=15,98-10,58x	0,08	**0,18**** y=-0,64+0,85x
Sept BZE	**0,37***** y=1,18-0,0095x	**0,24**** y=7,88-5,23x	**0,15*** y=-0,56+0,095x	**0,26**** y=-0,33+0,45x

aus der Tiefe 18-23 cm in die Kovarianzanalyse eingeführt, da er zumeist die engste Beziehung zum Ertrag aufwies. Dadurch wurde die Behandlungsvarianz um 77 % vermindert. Die Hinzunahme einer oder mehrerer weiterer Variablen erhöhte die erklärte Varianz nur geringfügig und nicht signifikant. Übereinstimmend damit ergab die Korrelationsanalyse, dass die Bodenparameter innerhalb einer Schicht eng korrelieren. Ebenso zeigte eine Hauptkomponentenanalyse des gesamten Bodendatensatzes, dass der Faktor mit dem weitaus höchsten Eigen-Wert nahezu ausschließlich durch die vier Variablen der Schicht 18-23 cm geladen wird. Der Beitrag der einzelnen Parameter war dabei etwa gleich hoch.

Tab. 2: Ergebnisse von Varianz- und Kovarianzanalyse (Kovariable Eindringwiderstand 18-23 cm) für den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben (Daten zentriert, SQ = Summe der Abweichungsquadrate). Systemvers. Bodenbearb. Harste 2004-2006.

	Varianzanalyse (ANOVA)		Kovarianzanalyse (ANCOVA)		ANOVA - ANCOVA
Ursache	Schätzwert SQ	P	Schätzwert SQ	P	Reduktion SQ [%]
Eindringwiderstand			7,22	<0,0001	
Behandlung	9,30	0,0002	2,16	0,1091	77
Block(Feld)	4,63	0,1128	4,62	0,1281	0

Die Befunde vom Standort Harste stimmten mit Ergebnissen aus Großflächen-versuchen an 5 Standorten in Süd- und Ostdeutschland überein (Dieckmann et al. 2006). Sie zeigten, dass für das Wachstum der Zuckerrübe auf Löss insbesondere die Bodenstruktur in der Krume relevant war. Hierbei schien vor allem die mechanische Festigkeit des Bodens maßgeblich zu sein. Strukturunterschiede im Unterboden waren zum Teil vorhanden, korrelierten aber nicht mit dem Ertrag.

Literatur

Dieckmann, J., H. Miller, H.-J. Koch, 2006: Zuckerindustrie 131, 642-654.
Heuer, H., O. Tomanová, H.-J. Koch, 2006: Zuckerindustrie 131, 777-784.
Hoffmann, C., 2006: Habilitationsschrift, Uni Göttingen, Weender Druckerei, ISBN 3-930333-87-2.
Tomanová, O., N. Stockfisch, H.-J. Koch, 2006: Pflanzenbauwiss. 10, 16-25.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 140–141 (2007)

Bodenstrukturproblem auf sandigen Standorten und ackerbauliche Lösungsansätze

Wilfried Hübner & Frank Ellmer

Einleitung

Auf sandigen Standorten treten für das Pflanzenwachstum nachteilige Entwicklungen der Bodenstruktur häufiger auf, als auf bindigeren Böden. Wesentliche Ursachen dafür sind der geringere Porenraum, die Körnungsgrößenverteilung und daraus abgeleitet die Quellfähigkeit. Zusätzlich wirkt sich noch der körnungsartenspezifische geringe Gehalt an organischer Bodensubstanz aus, der wiederum auch die Erosionsgefahr erhöht. Das sind Ursachen dafür, dass die nichtwendende Bodenbearbeitung auf sandigen Standorten relativ spät Einzug gehalten hat. Inzwischen liegen aber genügend Forschungsergebnisse und Erfahrungen vor, dass diese innovativen Bodenbearbeitungsverfahren auf dem überwiegenden Teil auch der leichteren Standorte angewendet werden.

Material und Methoden

1923 wurde am Standort Berlin-Dahlem ein noch heute existierender Dauerversuch unter anderem mit der Fragestellung nach der Pflugtiefe angelegt. Die Stufen 17 cm und 28 cm tiefe Pflugfurche werden geprüft. Schon A. D. Thaer schrieb „Die verwickelste aller Fragen ist die, wegen des Tief- und Flachpflügens.“(Einleitung zur Kenntnis der englischen Landwirthschaft Bd. 1, S. 235. Hannover 1798).
Seit 1998 wird zusätzlich an den sandigen Versuchsstandorten Thyrow und bis 2004 auch Blumberg der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät zu Fragen der konservierenden Bodenbearbeitung gearbeitet. Weitergehende Informationen können bei den Verfassern angefragt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Untersuchungen am Dauerversuch Berlin-Dahlem aus dem Jahr 2006 nach 83 Versuchsjahren belegen, dass tiefes Pflügen einige Strukturmerkmale des Bodens nachteilig beeinflusst. Unter der 28 cm tief gepflügten Variante entwickelte sich eine deutliche, aber noch nicht schädliche Pflugsohlenverdichtung. Die Pflugarbeiten wurden allerdings die letzten mehr als 50 Jahre nur mit einem leichten Traktor erledigt. Der Humusgehalt der bearbeiteten Krume und der Anteil wasserstabiler Aggregate wurden durch die tiefe Pflugarbeit negativ beeinflusst (Abbildung 1).

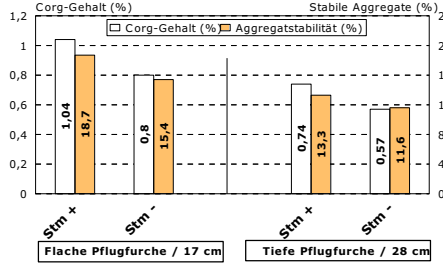


Abbildung 1: Corg-Gehalte und Aggregatstabilität (nach SÜMER, R. unveröff.)

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

Die seit 1925 ermittelten Relativerträge der Fruchtarten im Mittel der Bodenbearbeitungsstufen unterschieden sich im langjährigen Mittel nur unwesentlich. Nicht ganz unerwartet reagierten die Sommerfruchtarten mit leichtem Mehrertrag in der flach gepflügten Variante während die Winterfruchtarten geringfügige Mindererträge auswiesen. Das dürfte auf den wassersparenden Effekt der flacheren Pflugarbeit zurückzuführen sein. In jüngerer Zeit sind an den Standorten Thyrow und Blumberg auf sandigem Boden Untersuchungen zur weiteren Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität durchgeführt worden. Nach Blattfrüchten (Felderbsen und Silomais) ist der Anbau von Wintergetreide in Direktsaat möglich (Tab. 1).

Tabelle 1: Erträge von Wintergetreide (dt ha^{-1})

	Thyrow Winterroggen 1998-2006	Blumberg Winterweizen 1999,2001,2003
Vorfrucht	Erbsen	Erbsen, Mais
Pflug	47,5	49,7
Direktsaat	46,4	50,6

Bei einzelnen Fruchtarten, insbesondere den großkörnigen Erbsen und Mais, die in der Regel nach Getreide in der Fruchtfolge stehen, treten durch zu starke Reduktion der Bodenbearbeitung Mindererträge auf (Tab. 2).

Tabelle 2: Erträge von Erbsen und Silomais nach Wintergetreide (dt ha^{-1})

	Thyrow Erbsen 1998-2001	Blumberg Erbsen nur 1998	Thyrow Silomais (TM) 2002-2005	Blumberg Silomais (TM) 2000, 2004
Pflug	22,5	27,3	162,1	125,1
Direktsaat	18,9	22,9	141,7	114,9

Auch die verwendete Sätechnik kann bei den großkörnigen Fruchtarten das Ergebnis maßgeblich mit beeinflussen. Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand sollten mit Fruchtfolgen auch angepasste Bearbeitungsfolgen verknüpft sein (Tab. 3).

Tabelle 3: Beispielsfruchtfolge mit Bodenbearbeitungsfolge

Fruchtfolge	**Bodenbearbeitungsfolge (zur Fruchtart)**
Silomais	abfrierende Sommerzwischenfrucht, bis 15 cm nichtwendende Lockerung, Mulchsaat
Winterroggen	Direktsaat
Wintergerste	Saatfurche (Pflug) 15-18 cm, Drillsaat
Erbsen	bis 15 cm nichtwendende Lockerung, abfrierende Sommerzwischenfrucht, Mulchsaat mit Saatbettbereitung
Winterweizen	flache Lockerung mit Mulchsaat oder Direktsaat

Damit werden zwar einige Vorteilswirkungen der nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren abgeschwächt, doch den Ansprüchen der Fruchtarten besser entsprochen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 142–143 (2007)

Zwischenfruchtbau unter wasserlimitierten Bedingungen

Gernot Bodner, Willibald Loiskandl* & Hans-Peter Kaul

Einleitung

Die Evaluierung der agro-ökologischen Wirksamkeit von Zwischenfruchtbegrünung ist ein wichtiger Teil der Optimierung dieser Agrarumweltmaßnahme. Im Trockengebiet sind dabei im Besonderen die Etablierung des Zwischenfruchtbestandes unter wasserlimitierten Bedingungen im Spätsommer sowie die Belastung des Wasserangebots für die nachfolgende Hauptfrucht kritische Bereiche.
Ziel der Arbeit ist es, anhand von Ergebnissen eines zweijährigen Feldversuches im semi-ariden Produktionsgebiet Ostösterreichs Wechselwirkungen von Zwischenfrüchten und Wasserhaushalt darzustellen. Betrachtet werden i.) die Sensitivität der Pflanzen auf das Wasserangebot und ii.) die Belastung des Wasservorrates im Profil durch eine Begrünung. Der vorliegende Beitrag betrachtet dabei die mittlere Reaktion der Pflanzenarten sowie eine modellbasierte Szenarioanalyse der Wasserdynamik.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuches im pannonischen Trockengebiet Ostösterreichs wurden vier Zwischenfrüchte (Phacelia, Winterwicke, Grünroggen, Senf) im Vergleich zu Brache untersucht. Der Versuch ist als randomisierte Blockanlage angelegt. Aufgrund geringer Niederschläge (Ø 490 mm) und hoher Jahresmitteltemperaturen (9,1 °C) kann das klimatische Wasserbilanzdefizit bis zu 300 mm betragen. Die nutzbare Feldkapazität im Profil liegt bei 170 mm m^{-1}.
Das Pflanzenmaterial wurde mit Hilfe bildanalytischer Verfahren auf Oberflächenbedeckung und Wurzellängendichteverteilung in der Hauptwurzelzone charakterisiert. Anhand von Daten einer hydrologischen Feldmessstelle (Bodner et al., 2005) wurde das Modell HYDRUS 1D (Šimůnek et al., 2005) kalibriert und validiert. Für die „worst case“ Szenarioanalyse des Wasserentzuges einer Zwischenfrucht mit hohem Wasserbedarf wurde für die potentielle Evapotranspiration ein Pflanzenkoeffizient von 1,1, sowie ein hoher Transpirationsanteil an der Gesamtverdunstung, eine Wurzeltiefe von 90 cm und vollständige Wasserstresskompensation bei Austrocknung der oberen Horizonte angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die beiden Versuchsjahre unterschieden sich deutlich in der Niederschlagsverteilung, mit trockenen Bedingungen zur Saat gefolgt von regelmäßigem Niederschlag ab Mitte September im ersten Jahr und ausreichend Feuchtigkeit zur Saat bei extremen Trockenbedingungen zwischen Anfang Oktober bis Mitte Dezember (11,4 mm Niederschlag) im zweiten Jahr. Die Wirkung der unterschiedlichen Witterungsbedingungen auf die Etablierung und Entwicklung der Begrünung ist deutlich an den Merkmalen Bodenbedeckung und Wurzelentwicklung zu sehen (Abb. 1). 2004 kam es zu einer anfänglich langsameren Bodenbedeckung, 2005 zu einem durch Trockenstress bedingten Rückgang in der späteren Vegetationsperiode. Eine genauere Betrachtung der Struktur der Evapotranspiration in Zusammenhang mit der Bodenbedeckungsdynamik ergab im Mittel einen nur 30 %igen Anteil der Transpira-

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendelstraße 33, 1180 Wien
* Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien Muthgasse 19, 1190 Wien

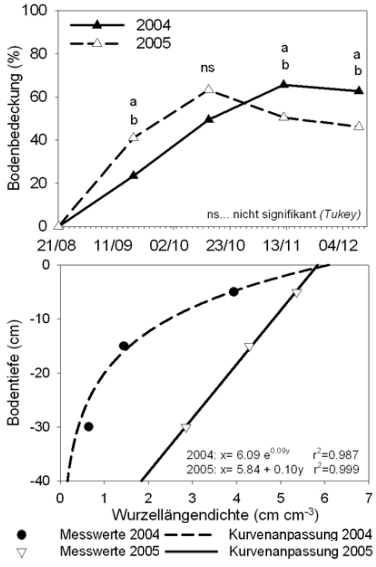


Abb. 1. Bodenbedeckung und Wurzeltiefenverteilung

tion an den gasförmigen Wasserverlusten, was auf das geringe Sättigungsdefizit der Atmosphäre während der herbstlichen Hauptwachstumszeit zurückgeführt wird. Die Wurzeltiefenverteilung bei ausreichender Bodenfeuchte zur Hauptwachstumszeit der Begrünungen führte zu einer stärkere Konzentration der Wurzeldichte im Oberboden mit exponentieller Abnahme mit der Tiefe, während bei Trockenheit die Abnahme durch eine lineare Beziehung gut beschrieben wurde. Die Wurzeltiefenverteilung weist auf eine Konzentration der Wasseraufnahme im ersten Jahr auf die in der Hauptwachstumszeit ausreichend durchfeuchteten oberen Bodenschichten hin. Unter Trockenbedingungen dagegen tendiert das Wurzelwachstum zur Erschließung der Wasservorräte in tieferen Schichten. Abb. 2 zeigt die über Szenarioanalyse errechneten Wasserentzugsprofile. Im ersten Jahr wurde der Wasserbedarf der Begrünung weitgehend aus dem Niederschlagsangebot gedeckt, und es kam zu keiner höheren Ausschöpfung des Profils im Vergleich zu Brache. Im zweiten Jahr zeigten sich die Wasseranteilsunterschiede, trotz Abnahme über Winter, in den tieferen Schichten bis ins Frühjahr.

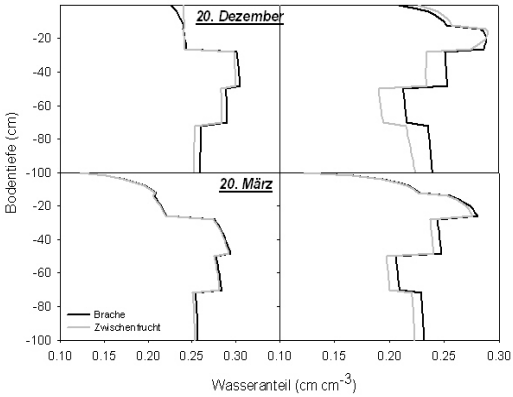


Abb. 2: Modellierte Wasserentzugsprofile

Die Ergebnisse zeigen deutlich die Anpassung der Begrünung an das Feuchteangebot und die damit zusammenhängenden Unterschiede im modellanalytisch bestimmten Profilwasserentzug. Der geringe Transpirationsanteil an den Verdunstungsverlusten weist auf die Bedeutung der Reduktion hoher spätsommerlicher Bodenevaporation durch rasch wachsende Zwischenfrüchte hin.

Literatur

Bodner, G., Strauss-Sieberth, A., Loiskandl, W., Kaul, H.-P., 2005. Concept of soil hydrological field measuring sites for agricultural research purposes. In: Celkova, A. Matejka, F.: 13th International Poster Day, Bratislava, 45-47.

Šimůnek, J., van Genuchten, M.Th., Šenja, M., 2005. The Hydrus-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. Version 3.0. Department of Environmental Sciences, University of California Riverside.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 144–145 (2007)

Ableitung von Parametern des Bodenwasserhaushalts aus Bestandestemperaturen durch Modellinversion

Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Pflanzenbestände sind bei guter Stickstoffversorgung in ihrem Wachstum hauptsächlich durch die Wasserverfügbarkeit begrenzt. Die Wasserversorgung während der Vegetationsperiode wirkt sich in integrativer Form auf Biomasse und Ertrag aus. Während diese Parameter recht unspezifisch auch weitere Faktoren neben der Wasserversorgung einschließen, lässt sich kurzfristige Wasserknappheit anhand der Bestandestemperatur direkt aus der Reaktion der Pflanzen ablesen.

Material und Methoden

In den Vegetationsperioden 2003/04 bis 2006/07 wurde auf Winterweizen-Schlägen des Versuchsgutes Hohenschulen bei Kiel Messungen mit einem Sensorsystem zur Erfassung von Trockenstress mit Hilfe der Bestandestemperatur durchgeführt. Aus den Bestandestemperaturen wird mit Hilfe der meteorologischen Rahmenbedingungen und der Energiebilanz anhand der Penman-Monteith-Gleichung der Trockenstressindex CWSI (Jackson et al. 1981) berechnet. TDR-Sonden zur Messung der Bodenwassergehalte in einzelnen Parzellen im Schlag dienen zur Überprüfung der Modellergebnisse.

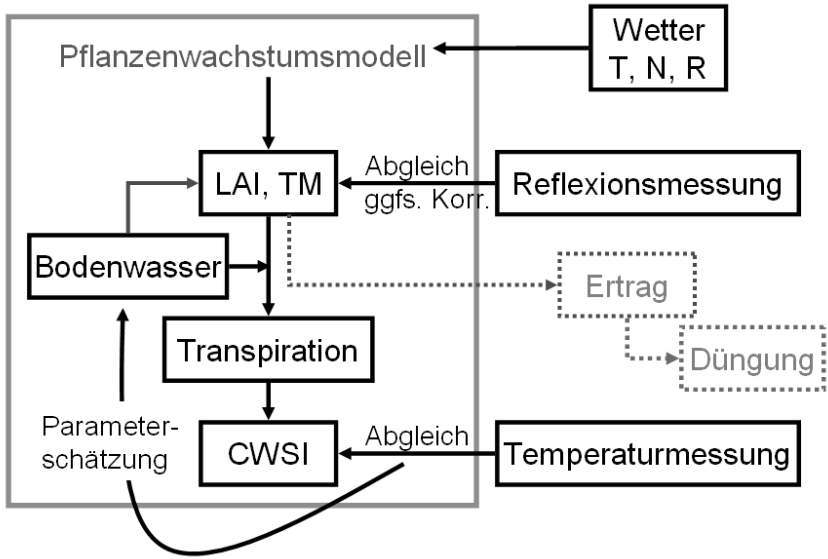


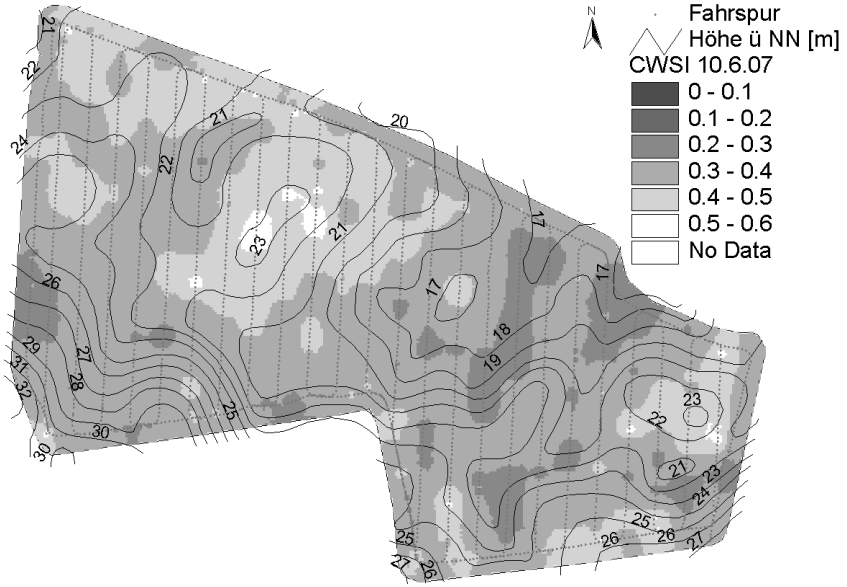
Abb. 1: Ablaufschema der Modellierung von Pflanzenwachstum, Transpiration und Bodenwasserhaushalt und Parameterschätzung mit Messdaten.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Der CWSI entspricht dem Verhältnis aus aktueller zu potentieller Evapotranspiration, das auch mit einem gekoppelten Weizenwachstums-, Evapotranspirations- und Bodenwasserhaushaltsmodell aus dem aktuellen Witterungsverlauf berechnet wird. Mit Hilfe inverser Modellierung lassen sich aus den gemessenen CWSI-Werten die verfügbaren Wassermengen im Boden zum Zeitpunkt der Messung herleiten und zur Parameterschätzung von Bodenwassehaushaltsparametern nutzen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Temperaturmessungen zeigen deutliche Unterschiede innerhalb des Schlages und damit auch deutliche Unterschiede in den berechneten CWSI-Werten (Abb. 2). Die Modellergebnisse zeigen, dass eine zeitliche Auflösung des Modells von Tagesschritten nicht ausreichend ist, um die durch Trockenstress hervorgerufenen Bestandestemperaturen nachzuvollziehen. Deswegen wird die Transpiration an den einzelnen Tagen der Messungen in Stundeschritten berechnet und auf dieser Basis die verfügbare Wassermenge im Boden hergeleitet. Der Bodenwasserhaushalt wird dann zusammen mit dem Pflanzenwachstum während der gesamten Vegetationsperiode in Tagesschritten berechnet und in diesem Modell die Bodenparameter geschätzt..



Crop Water Stress Index CWSI auf einem Winterweizen-Schlag des Versuchsgutes Hohenschulen am 10.6.2007.

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

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 146–147 (2007)

Energieeinsatz und Emission von Treibhausgasen landwirtschaftlicher Betriebssysteme

Björn Küstermann & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

In der Klimadiskussion spielt die Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Sie ist wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig von Klimaänderungen betroffen. Andererseits werden bei der landwirtschaftlichen Produktion auch Treibhausgase freigesetzt; neben Kohlendioxid (CO_2) sind dies vor allem Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Die Landwirtschaft kann durch die Einsparung und Substitution fossiler Energieträger sowie die C-Speicherung in Böden aber auch aktiv zum Klimaschutz beitragen.

Material und Methoden

Der im Beitrag vorgestellte Modellansatz ermöglicht die Quantifizierung bewirtschaftungsbedingter und standortabhängiger C- und N-Flüsse sowie klimarelevanter Emissionen. Der Ansatz wurde in das Umweltmanagementsystem REPRO integriert (Küstermann et al. 2007) und wird in 81 Praxisbetrieben (35.500 ha) auf der Grundlage mehrjähriger Standort- und Bewirtschaftungsdaten eingesetzt. Erfasst wurde ein großes Spektrum von Standorten, Betriebsstrukturen und Bewirtschaftungsintensitäten. Um die Vergleichbarkeit zu wahren, wird nur der Pflanzenbau betrachtet. Die Betriebe wurden nach ihrem Energieinput auf dem Ackerland in Low-Input-Systeme (LI) (bis 10 GJ/ha) und High-Input-Systeme (HI) (mehr als 10 GJ/ha) unterteilt (Tab. 1). Ziel ist es, die Betriebssysteme zu charakterisieren und Aussagen zur Klimarelevanz zu machen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der LI-Systeme werden bei extensiver Wirtschaftsweise (geringer Mineraldünger-, Pflanzenschutzmittel- und Dieseleinsatz) flächenbezogen weniger als 50 % des Energieeinsatzes und der CO_2-Emissionen der HI-Systeme erreicht. Allerdings werden von den LI-Systemen auch nur etwa 50 % der Erträge erzielt; produktbezogen ist der Energieinput beider Gruppen auf gleichem Niveau. Zu beachten sind die ungünstigeren Standortbedingungen und Ertragspotentiale (Ackerzahl 45 bzw. 58) der LI-Systeme, die überwiegend ökologisch wirtschaftende Betriebe umfassen. Der weite Schwankungsbereich zeigt, dass die Energieeffizienz nicht nur vom Anbausystem, sondern auch vom einzelbetrieblichen Management, der Biomassenutzung, und weiteren Faktoren abhängt. Hohe Energieoutputs werden bei hohem Harvest-Index (Nutzung der Nebenprodukte) erreicht.

In der Klimabilanz werden neben dem Energieeinsatz auch die N_2O-Emissionen und die C-Sequestrierung der Böden einbezogen. Hierzu werden alle Emissionen in CO_2-Äquivalente umgerechnet. Aus dem höheren N-Input resultieren bei den HI-Systemen N_2O-Emissionen [kg CO_2 ha^{-1}] von 1412 im Vergleich zu 839 bei den LI-Systemen. Mit Humusbilanzen wurde für die LI-Systeme eine C-Anreicherung und eine CO_2-Rückbindung von 205 kg CO_2 ha^{-1} ausgewiesen, während intensive Fruchtfolgen und das deutlich höhere Ertragspotential bei den HI-Systemen eine Humusabreicherung und die CO_2-Freisetzung von 104 kg CO_2 ha^{-1} bewirken. In der Summe errechnet sich für die LI-Systeme ein mittleres Treibhauspotential [kg CO_2

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, TU-München, Alte Akademie 12, 85356 Freising, 08161/713035, kuestermann@wzw.tum.de

ha^{-1}] von 1017, bei den HI-Systemen von 2273. Produktbezogen [kg CO_2 GE^{-1}] emittieren die LI-Systeme 27, die HI-Systeme 29.

Tab. 1: Kennzahlen zur Energie-, C- und Klimabilanz der untersuchten Betriebe

Anzeigeebene	**ME**	**MW**	Min	Max	**MW**	Min	Max
		LI	LI	LI	**HI**	HI	HI
Energiebindung	GJ ha^{-1}	**75**	28	142	**139**	86	192
Ertrag	GE ha^{-1}	**38**	11	88	**79**	49	108
Einsatz fossiler Energie	GJ ha^{-1}	**6,3**	3,6	9,9	**13,6**	10,1	17,8
Energieintensität	MJ GE^{-1}	**166**	97	431	**172**	112	301
CO_2-Emissionen Energieeinsatz	kg CO_2 ha^{-1}	**383**	215	634	**757**	503	1023
N_2O-Emissionen	kg CO_2 ha^{-1}	**839**	386	1438	**1412**	1054	1866
C-Seq. Boden	kg CO_2 ha^{-1}	**-205**	575	-1703	**104**	1256	-1767
Treibhauspotential flächenbezogen[1]	kg CO_2 ha^{-1}	**1017**	-155	2263	**2273**	61	4110
Treibhauspotential produktbezogen[2]	kg CO_2 GE^{-1}	**27**	-3	57	**29**	1	45

[1] = CO_2-Emissionen Energieeinsatz + N_2O-Emissionen + C-Seq. Boden; [2] = Treibhauspotential flächenbezogen / Ertrag

Abschließend wird die Bedeutung der C-Bindung zur Minderung der Treibhausgasemissionen erläutert (Abb. 1). Mit steigender C-Bindung im Humus gehen die CO_2-Emissionen zurück. Einige Betriebe wirtschaften nahezu CO_2 neutral. In den Betrieben mit den höchsten Emissionen je Produkteinheit sind die Böden eine C-Quelle (negative Humusbilanz). Die LI-Systeme emittieren je Flächeneinheit (ha) deutlich weniger (Tab. 1) nicht aber je Produkteinheit. Hier zeigt sich vielmehr eine enorme Variabilität aufgrund des Ertragseinflusses. Die Ergebnisse zeigen, dass es auf das einzelbetriebliche Management ankommt und sowohl in LI- als auch HI-Systemen bei angepasster Produktionsintensität hohe Energie- und CO_2-Effizienzen und geringe Emissionen erreicht werden.

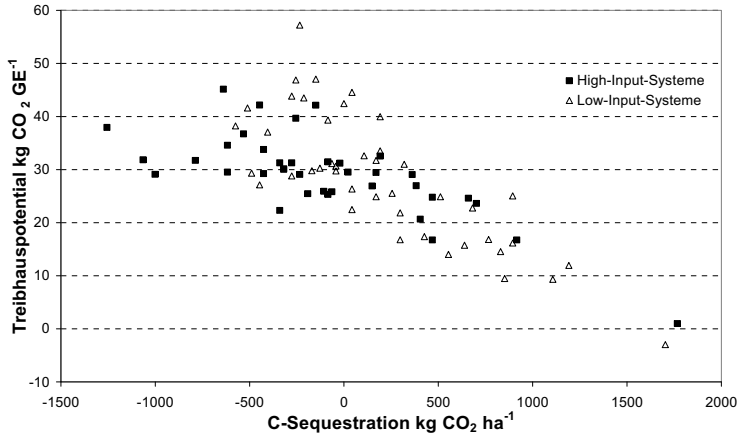


Abb. 1: Produktbezogenes Treibhauspotential der untersuchten Betriebe

Literatur

Küstermann, B., Kainz, M. & Hülsbergen , K.-J., 2007: Modelling Carbon Cycles and Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Organic and Conventional Farming Systems. Renewable Agriculture and Food Systems, accepted for publishing

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 148–149 (2007)

Schafbeweidung oder Mulchen? Ergebnisse eines langjährigen Landschaftspflegeversuches auf Grünland

Stefan Kesting, Nicole Wrage, Jürgen Schellberg* & Johannes Isselstein

Einleitung

Extensive Formen der Grünlandnutzung werden häufig aufgegeben oder durch rationellere Methoden (z. B. Mulchen) ersetzt. Zahlreiche Studien beschreiben die Wirkung von Brache oder Schnittnutzung, wenig untersucht sind dagegen die Unterschiede zu klassischen Beweidungssystemen (Moog et al. 2002). In einem Langzeitexperiment (1978-2006) wurden die Methoden Schafbeweidung und Mulchen in ihrer Wirkung auf Nährstoffgehalte, Ertrag sowie Zusammensetzung der Vegetation verglichen.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche gehört zur Lehr- und Forschungsstation Rengen (Eifel). Die Anlage des Versuches erfolgte im Jahr 1978. Folgende Varianten wurden mit einfacher Wiederholung untersucht: Beweidung durch Schafe (1 GVE/ha), Beweidung durch Schafe (1 GVE/ha) + Mulchen (1. Juli), Mulchen (1. Juli). Eine angrenzende, intensive Mähweide diente als Kontrollfläche.

In jeder Versuchsvariante als auch in der angrenzenden Kontrollfläche wurden je 10 Teilflächen à 100 cm² beprobt („paired plots“) und Vegetationsaufnahmen sowie Boden- und Pflanzennährstoffanalysen durchgeführt. Da kein Umweltgradient festgestellt wurde (lineare Regression: Einfluß räumlicher Koordinaten auf Bodennährstoffgehalte, Trockenmasse und Artenzahl), wurden die Wiederholungen als unabhängig betrachtet. Die Auswertung erfolgte durch Hauptkomponentenanalyse, lineare Regression und Varianzanalyse mit den Statistikprogrammen „Canoco for Windows“ V. 4.53, „SPSS for Windows“ V. 14.0 und „R“ V. 2.3.1.

Ergebnisse und Diskussion

Die extensiven Varianten sowie die intensive Kontrolle (Lolio-Cynosuretum) ließen sich hinsichtlich der Vegetationszusammensetzung eindeutig voneinander trennen (Abb. 8). Innerhalb der Varianten konnten beweidete und nicht beweidete Flächen unterschieden werden. Die Beweidung führte zu typischer Weidevegetation (Festuco-Cynosuretum), während „Mulchen“ einen wiesenartigen Vegetationstyp (Arrhenatheretum) hervorbrachte. Die Varianten „Beweidung“ und „Mulchen“ unterschieden sich weiterhin durch den P- und Ca-Gehalt in der Pflanze (P_Pfl, Ca_Pfl, höhere Werte bei Beweidung) sowie durch eine höhere Streumasse (TM_Streu) bei der Variante „Mulchen“ (Tab. 3), die zugleich einen tendenziell höheren Anteil von Gräsern im Vergleich zu Kräutern aufwies. Trotz dieser Unterschiede in der Vegetation zeigten sich keine Veränderungen in den Gehalten an pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Boden.

Die deutliche Vegetationsdifferenzierung hat Konsequenzen für die Landschaftspflege. Magerrasen sind nur durch Fortführung der Beweidung zu erhalten. Mulchen kann dagegen eine Alternative für die Bewirtschaftung zweischüriger Glatthaferwiesen (Schiefer 1981) oder des Feuchtgrünlandes sein. Die relative

Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen,
* Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Universität Bonn

Konstanz der pflanzenverfügbaren Bodennährstoffe entspricht nicht den Erwartungen. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen geplant.

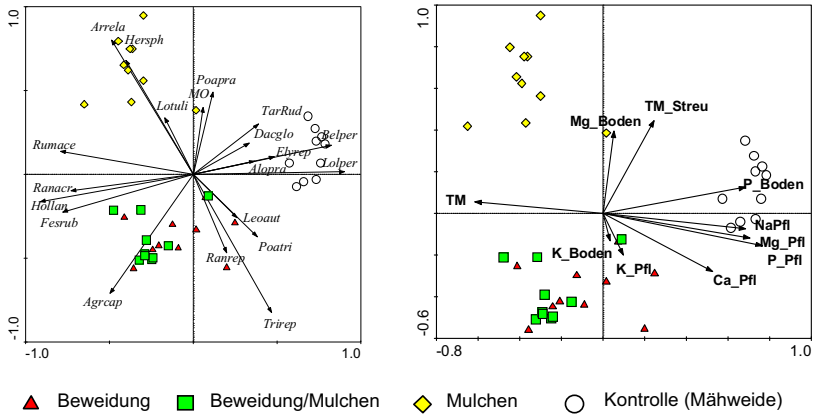


Abb. 8 Darstellung der Untersuchungsflächen im Ordinationsraum (1. und 2. Hauptkomponente der PCA). Die Vektoren zeigen die Korrelation der Pflanzenarten (links) bzw. der Nährstoffgehalte und Trockenmasse (rechts) an.

Tab. 3 Nährstoffgehalte in Boden und Pflanzen nach langjähriger extensiver Grünlandbewirtschaftung: Beweidung (B), Beweidung + Mulchen (BM), Mulchen (M) und Kontrolle (K), verschiedene Buchstaben zeigen Signifikanz der Unterschiede an bei α = 0.05, ANOVA (Welch-Test) und Mittelwertvergleich durch Games-Howell.

	Mittelwerte				Pr	Games- Howell			
	B	**BM**	**M**	**K**		**B**	**BM**	**M**	**K**
Bodennährstoffgehalte [mg 100 g^{-1} TS]									
P	5.30	4.50	4.70	8.60	***	a	a	a	b
K	8.33	6.60	7.00	8.30	NS				
Mg	10.20	9.80	13.10	11.50	.				
Pflanzennährstoffgehalte [% in TS]									
P	0.40	0.37	0.30	0.56	***	a	a	b	c
K	3.33	2.76	2.61	2.82	NS				
Mg	0.29	0.26	0.22	0.43	***	a	a	a	b
Na	0.04	0.06	0.02	0.20	***	a	a	a	b
Ca	1.21	0.90	0.52	1.50	***	ac	a	b	c
TM [g/m²]	1526	1826	2023	729	***	a	a	a	b
TM_Streu	91	142	299	282	*	a	ab	b	ab
Artenzahl	10.70	9.60	9.50	8.60	.	a	ab	ab	b
Signifikanzniveau: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1									

Literatur

Moog, D., P. Poschlod, S. Kahmen, K. F. Schreiber. 2002. Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years. Applied Vegetation Science **5**: 99-106.

Schiefer, J. 1981. Bracheversuche in Baden-Württemberg. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 22.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 150–151 (2007)

Narbenregeneration nach Winterbeweidung in Abhängigkeit von der Schadensintensität

Tim Mattern & Harald Laser

Einleitung

Ziel der Untersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 299 – Landnutzungskonzepte für periphere Regionen – ist es, Managementstrategien für Winterweiden zu optimieren. Dabei stellt sich die Frage, bis zu welchem Ausmaß Narbenschäden nach Winterbeweidung toleriert werden können, wenn sich der Bestand ohne Maßnahmen zur Grünlanderneuerung regenerieren soll.

Material und Methoden

An der Untersuchung nahmen fünf Grünlandbetriebe mit ganzjähriger Freilandhaltung von Mutterkühen in Rheinland-Pfalz und Hessen teil. Auf deren Winterweiden wurden Dauerbeobachtungsflächen à 4 m² mit abgestuften Schadensintensitäten (= 0, 25, 50, 75, bzw. 100 %) in jeweils vier Wiederholungen angelegt. Die Flächen wurden mit ebenerdig eingeschlagenen Holzpflöcken markiert und die GPS-Position festgehalten. In regelmäßigen Abständen wurden die Veränderungen der botanischen Zusammensetzung (Ertragsanteilschätzungen) und der Lückigkeit dokumentiert.
Die Daten wurden per repeated measures ANOVA in der Software SPSS 12.0 auf dem Signifikanzniveau p = 0.05 überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Es ist festzustellen, dass sich Weideausschnitte mit 25, 50 und 75 % Lückigkeit durch Trittschäden in Folge der Winterbeweidung zwischen Frühjahr und Frühsommer rasch selbständig regenerieren (vgl. Abb. 1). In diesen Zeitraum fällt die höchste Biomasseproduktion im Grünland, wodurch eine höhere Regenerationsleistung gegeben ist, als im Hochsommer. Vollständig zerstörte Narben benötigen deutlich längere Zeiträume zur Regeneration und bedürfen somit meist einer Nachsaat.
Bezogen auf den Anteil von Therophyten unterscheiden sich Narben mit einer Lückigkeit bis 75 % im Frühjahr in der Regel nicht signifikant von unbeschädigten Weideteilbereichen. Dagegen ist bei zu 100 % beschädigten Bereichen ein signifikant höherer Anteil entsprechender Arten zu beobachten (Abb. 2). Vergleichbares gilt für die Ertragsanteile von Trittpflanzen (nicht dargestellt).
Es lässt sich folgern, dass eine räumliche begrenzte und diffus verteilte Beschädigung größerer Weideflächen einer lokal totalen Zerstörung der Narbe durch stärkere räumliche Begrenzung der Winterbeweidung vorzuziehen ist.

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau, Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, Tel.: 0641 / 99-37514, E-Mail: tim.mattern@agrar.uni-giessen.de

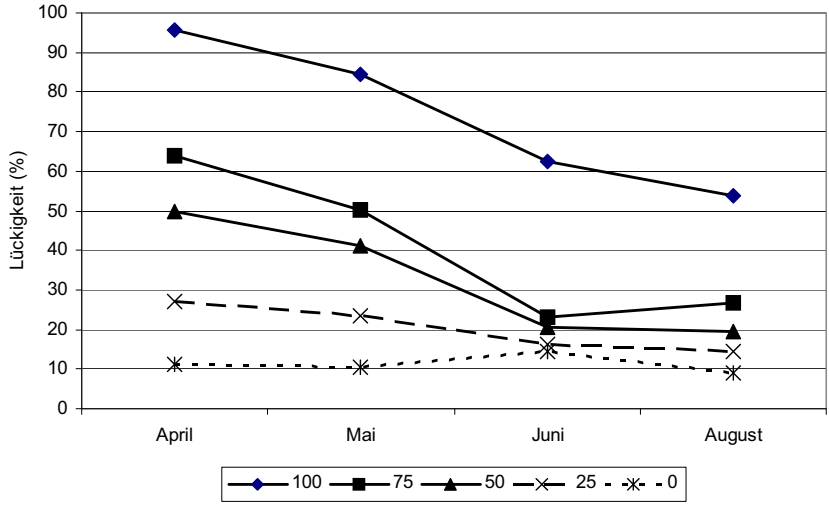


Abb. 1: Entwicklung der Lückigkeit in Abhängigkeit von der Schadensintensität nach Winterbeweidung

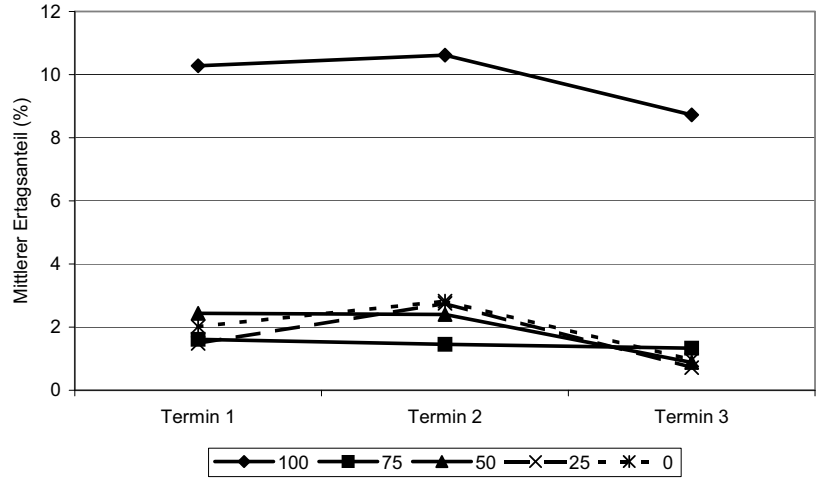


Abb. 2: Entwicklung der Ertragsanteile von Therophyten in Abhängigkeit von der Schadensintensität nach Winterbeweidung

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 152–153 (2007)

Einfluss von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Ertragsbildung von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei, China

Philipp Schönbach, Anne Schiborra, Martin Gierus, Katrin Müller & Friedhelm Taube

Einleitung

Die aus zehn Teilprojekten bestehende DFG-Forschergruppe MAGIM (Matter fluxes in grasslands of Inner Mongolia as influenced by stocking rate – www.magim.net) führt seit 2004 Feldversuche in der Inneren Mongolei, China durch. Der Standort (116°42' E, 43°38' N) ist auf dem mongolischen Plateau 1200 m ü. NN gelegen und zeichnet sich durch ein semi-arides Steppenklima aus. Der Jahresniederschlag liegt bei durchschnittlich 340 mm und die mittlere Jahrestemperatur bei 1,7°C. Im vorliegenden Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwieweit die Beweidungsstärke und das Managementsystem den Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) beeinflussen. Dem Versuch liegt die Hypothese zugrunde, dass sich durch einen jährlichen Wechsel zwischen Weide- und Heufläche (Mixed System) im Vergleich zu einer kontinuierlichen Beweidung (Traditional System) mittelfristig höhere Erträge erzielen lassen.

Material und Methoden

Im Rahmen des eingangs beschriebenen MAGIM Projektes betreuen die Teilprojekte P3 (AG Grünland und Futterbau /Ökologischer Landbau, Universität Kiel) und P4 (AG Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Universität Kiel) einen groß angelegten Beweidungsversuch mit Schafen. Der Weideversuch umfasst eine Fläche von rund 160 ha und ist als Split-Block Anlage konzipiert. Es werden zwei Nutzungssysteme (Mixed System und Traditional System) mit jeweils sieben Intensitäten (0/ 1,5/ 3/ 4,5/ 6/ 7,5/ 9 Schafe ha^{-1}) untersucht. Jede Beweidungsintensität besteht aus einer Weide und einer Heufläche (Beweidungstage 2005: 97 Tage, 2006: 87 Tage). Im Traditional System erfolgen die Beweidung und die Schnittnutzung in allen Versuchsjahren jeweils auf denselben Flächen. Das Mixed System zeichnet sich dagegen durch einen jährlichen Wechsel zwischen Weide- und Heufläche aus.

Die Beprobung der oberirdischen Biomasse erfolgte in vierwöchigem Abstand während der Vegetationsperiode (Mai bis September). Für die Ermittlung des TM-Ertrages der beweideten Flächen wurden an drei Punkten 2 x 3 m große Weidekäfige aufgestellt. Im Rahmen der monatlichen Beprobung erfolgte die standortnahe Umsetzung der Käfige. Es wurden jeweils innerhalb und außerhalb der installierten Weidekäfige Proben bis zu einer Stoppelhöhe von 1 cm geschnitten (3 x 0,5 m²). Anschließend wurden die drei Einzelproben gewogen und zu einer Mischprobe vermengt. Die angegebenen Erträge beziehen sich auf einen bei 60°C ermittelten und anschließend auf 105°C korrigierten Trockenmassegehalt.

Die varianzanalytische Auswertung der TM-Erträge erfolgte mit Mixed Modell (Proc Mixed, SAS 9.0), wobei die Jahre getrennt ausgewertet werden. Bei signifikantem F-Test (P<0,05) erfolgte die Prüfung der Werte mittels Student t-Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau - CAU Kiel
* Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie - CAU Kiel

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse ergab für das Jahr 2005 einen Effekt der Prüffaktoren System und Block. Bei der Auswertung des Jahres 2006 zeigte die Varianzanalyse Effekte aller Hauptfaktoren (System, Block und Intensität). Interaktionseffekte ergaben sich weder in 2005 noch in 2006. In Tab. 1 sind die mittleren Erträge für 2005 und 2006 in Abhängigkeit des Systems und der Besatzdichten dargestellt.

Tab. 1: Ertrag [g TM m^{-2}] in den Jahren 2005 und 2006 in Abhängigkeit des Systems und der Beweidungsstärke

Intensität	Mittel	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0
Ertrag 2005 [g TM m^{-2}]							
Mixed System	99,08[b]	121,43	105,85	84,91	96,76	98,78	86,50
Traditional System	140,57[a]	191,55	141,25	102,20	179,77	119,80	108,84
Mittel beider Systeme		156,49[a]	123,55[a]	93,55[a]	138,37[a]	109,29[a]	97,67[a]
Ertrag 2006 [g TM m^{-2}]							
Mixed System	114,79[b]	123,57	139,10	125,43	103,93	119,97	76,73
Traditional System	142,30[a]	211,91	152,46	139,26	167,97	105,40	76,81
Mittel beider Systeme		167,74[a]	145,78[a]	132,35[a]	135,95[a]	112,69[ab]	76,77[b]

[a, b] unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen bei $P<0,05$
SE 2005: System = 8,61 Intensität = 14,92
SE 2006: System = 6,04 Intensität = 10,47

Entgegen der eingangs formulierten Hypothese liegen die mittleren TM-Erträge im Traditional System in beiden Jahren deutlich über den Erträgen im Mixed System (vgl. Tab. 1). Das unterschiedliche Ertragsniveau ist allerdings weniger auf Behandlungseffekte als vielmehr auf Flächenheterogenitäten zurückzuführen. Es wird vermutet, dass die heterogene botanische Zusammensetzung und die damit verbundenen Produktivitätsunterschiede neben naturräumlichen Aspekten maßgeblich durch die Nutzungsvorgeschichte bestimmt sind. Um dennoch einen Vergleich der Systeme vornehmen zu können, wird für die weitere statistische Auswertung eine räumliche Korrektur vorgenommen. Durch die Modellierung der Kovarianzstruktur können mittels Nachbarschaftsanalyse unterschiedliche Umweltbedingungen zwischen den Versuchsfeldern berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist geplant, naturräumliche Parameter (z. B. Bodenfeuchte) als Kovariable heranzuziehen. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Behandlungseffekte mit zunehmender Versuchsdauer deutlicher zum Tragen kommen. Diese Annahme wird durch die F-Werte der Varianzanalyse gestützt. Im zweiten Versuchsjahr lassen sich deutlich höhere F-Werte der Haupteffekte (Block und Intensität) sowie des Interaktionseffektes (System*Intensität) feststellen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 154–155 (2007)

Futterqualitätsparameter als Indikatoren nutzungsbedingter Veränderungen in einem natürlichen Graslandbestand in der Inneren Mongolei

Anne Schiborra, Martin Gierus & Friedhelm Taube

Einleitung

Die Degradation der Graslandsteppen der Inneren Mongolei, V.R. China, als Folge kontinuierlicher Überbeweidung, bringt große ökologische, wie agronomische Probleme mit sich. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe MAGIM verfolgt die Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel, in Zusammenarbeit mit dem Institute of Botany, CAS, Beijing, das Ziel, den Prozess der Degradation durch Ertrags- Futterqualitätsparameter zu charakterisieren. Diese Parameter sollen als Indikatoren für kritische Bestandsveränderungen fungieren. Am Ende sollen Schwellenwerte definiert werden, die es in Zukunft ermöglichen nachhaltige Bestandsschädigungen frühzeitig zu erkennen. In einem ersten Versuch wurde ein natürlicher Grasbestand verschiedenen Nutzungsintensitäten ausgesetzt, und Ertrags- und Qualitätsparameter über die Vegetationsperiode erfasst. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Futterqualitätsparameter der Versuchsjahre 2004 und 2005 dargestellt, und ihre Eignung als Indikatoren bewertet.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Forschungsstation IMGERS, ca. 500 km nördlich von Peking auf dem mongolischen Plateau (1200 m ü. N.N.), durchgeführt. Dort herrscht ein semi-arides Steppenklima (Ø Temperaturen: 0,7°C, Ø Niederschlag: 340 mm). In einer randomisierten Blockanlage mit 4-facher Wiederholung wurden 3 Behandlungen geprüft. Die Behandlungen unterschieden sich in ihrer Nutzungsintensität: BI: ein Schnitt (Heuschnitt), BII: Schnitt alle 6 Wochen (moderate Nutzung), BIII: Schnitt alle 3 Wochen (intensive Nutzung). Vor den Schnitten wurden Biomasseproben genommen: pro Parzelle 4 x ¼ m² bis auf 1 cm Stoppelhöhe. 2004 wurde in BI und BII zusätzlich alle 2 Wochen beprobt, um den Zuwachsverlauf zu beobachten. Die Schnittnutzung erfolgte mit einem Rasenmäher auf 2,5 cm Höhe. Die Aufwuchsproben wurden bei 60°C für 24 Stunden getrocknet und auf 1 mm vermahlen. Für ausgewählte Proben wurde der N-Gehalt im C/N-Analyzer bestimmt (Rohproteingehalt (CP) = N x 6,25) und Neutrale Detergensfaser (NDF) im ANKOM Fiberanalyzer ermittelt. Die wasserlöslichen Kohlenhydrate (WLK) wurden mittels Ionen-Chromatographie quantifiziert. Nachfolgend wurden die Qualitätsparameter aller Proben mittels NIRS geschätzt. Die Qualität der grünen Biomasse wurde aus der Qualität des Gesamtbestandes, abzüglich des nekrotischen Materials berechnet. Die Einzelbeobachtungen wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Bei signifikantem F-Wert (P<0,05) wurden die entsprechenden Mittelwerte anhand eines Student-t-Tests geprüft, und die Irrtumswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm korrigiert. Die Jahre 2004 und 2005 wurden unabhängig von einander ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsparameter werden insbesondere von den Niederschlagsmengen und ihrer Verteilung beeinflusst (Schiborra et al., 2006). Dies war auch bei den Futterqualitäts-

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

parametern zu beobachten. In Tab. 1 sind die Jahresmittelwerte der organischen Masse (OM), CP, WLK und NDF zusammengefasst. Der OM-Gehalt nimmt 2004 in BII und BIII signifikant ab, 2005 sind alle Behandlungen signifikant voneinander verschieden. Durch die Schnittnutzung kommt es zu einer Verunreinigung der Pflanzen mit Bodenpartikeln. Außerdem kann durch das Entfernen der Biomasse, der Regen ungebremst auf den Boden prallen, da die Steppenvegetation keine geschlossene Grasnarbe aufweist. Dabei von der Bodenoberfläche zurückprallendes Spritzwasser, erhöht den Aschegehalt zusätzlich.

Tab. 1: Jahresmittelwerte OM-, CP-, und WLK-Gehalt in der grünen Biomasse

	2004				2005			
(g kg DM^{-1})	**B I**	**B II**	**B III**	*SE*	**B I**	**B II**	**B III**	*SE*
OM	947,5[a]	934,4[b]	933,8[b]	*0,454*	952,1[a]	944,9[b]	936,2[c]	*0,398*
CP	101,9[c]	135,6[b]	143,8[a]	*2,094*	96,94[b]	111,7[a]	115,9[a]	*2,900*
WLK	45,96[a]	38,64[b]	39,97[b]	*0,951*	58,05[a]	54,93[a]	46,87[b]	*1,650*
NDF	707,7[a]	689,2[b]	700,5[ab]	*3,299*	712,5	702,7	706,2	*3,509*

unterschiedliche Buchstaben [a,b,c] kennzeichnen signifikante (P<0,05) Unterschiede innerhalb eines Jahres zwischen den Behandlungen.

Der CP-Gehalt steigt in 2004 signifikant über alle Behandlungen an, während BII und BIII in 2005 statistisch nicht zu trennen sind. Der Anstieg der CP-Gehalte ist eine erwartete Reaktion auf die Schnittnutzung, da der Alterungsprozess der Gräser unterbrochen wird und so ein junges, vegetatives Stadium erhalten bleibt, welches mit hohen N-Konzentrationen im Pflanzenmaterial verbunden ist. Insgesamt sind die CP-Gehalte 2005 geringer als 2004. Als Ursache ist die geringe Verfügbarkeit von N aus dem Boden, aufgrund niedriger Bodenfeuchte zu nennen (Ø Niederschlag 2004: 325 mm, 2005: 166 mm). Der mittlere Gehalt an WLK ist 2004 in BII und BIII signifikant reduziert, im Jahr 2005 zeigt sich nur in BIII ein signifikanter Rückgang. Nach dem Schnitt werden WLK für den Wiederaufwuchs der Assimilationsfläche benötigt. Da BII und BIII mehrfach geschnitten wurden, wurden die WLK mehrfach für den Wiederaufwuchs mobilisiert. Der Gehalt an WLK ist 2005 im Mittel gegenüber 2004 erhöht. Ursache hierfür ist die starke Sonneneinstrahlung und die geringe Wachstumsrate, als Folge des Wassermangels, die die Akkumulation von WLK nach sich ziehen (Brown & Blaser, 1970). Der Gehalt an Neutraler Detergensfaser (NDF) sinkt 2004 in BII signifikant ab, in BIII ist der Gehalt weder von BI noch von BII zu unterscheiden. 2005 sind keine signifikanten Unterschiede im NDF-Gehalt erkennbar, so dass die Eignung des Zellwandgehalts als Indikator für Degradation fraglich ist. OM, CP und WLK zeigen in beiden Versuchsjahren Unterschiede zwischen den Behandlungen, wodurch sie potentiell als in Indikatoren in Frage kommen. Insgesamt muss nach zwei Versuchjahren aber festgehalten werden, dass eine Interpretation der Futterqualitätsparameter, im Hinblick auf ihre Eignung als Degradationsindikatoren, nicht eindeutig ist.

Literatur

Brown, R.H. and Blaser, R.E. (1970): Soil moisture and temperature effects on growth and soluble carbohydrates of Orchardgrass (*Dactylis glomerata*). Crop Science 10, 213-216.

Schiborra, A., Gierus, M., Wan, H.W., Bai, Y.F. und Taube, F. (2006): Pflanzenbauliche Parameter als Indikatoren nutzungsbedingter Veränderungen in einem natürlichen Graslandbestand in der Inneren Mongolei. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. Band 18, 300-301.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 156–157 (2007)

Bestimmung des energetischen Leistungsvermögens von Futterleguminosen – Vergleich zweier *in vitro*-Methoden

Birgit Eickler, Martin Gierus, Erich M. Pötsch*, Reinhard Resch* & Friedhelm Taube

Einleitung

Um eine möglichst exakte Futterbewertung für eine optimale Rationsgestaltung bzw. Vorhersage der tierischen Leistung in der Wiederkäuerernährung zu gewährleisten, sind zuverlässige Methoden und Schätzformeln von größter Wichtigkeit. Sowohl die Methode von Tilley und Terry (1963) als auch die Cellulase-Methode nach De Boever et al. (1986) sind als Referenzmethoden anerkannt. Ergebnisse vergleichender Studien belegen aber, dass sie nicht bei allen Futtermitteln gleich präzise sind. In einigen Leguminosenarten enthaltene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Tannine in Hornklee, Polyphenoloxidase in Rotklee) verändern nicht nur die Proteinabbaurate, sondern können auch einen Einfluss auf Pansenmikroorganismen haben. Abhängig von Pflanzenart, Pflanzenalter, Nutzungssystem und Termin können diese Unterschiede durch variierende Nährstoff- und Fasergehalte verstärkt werden und zu Abweichungen in der Analytik führen, die letztlich in Fehlschätzungen der Energiegehalte der Futtermittel resultieren können.
Die Schätzungen der Energiegehalte verschiedener Futterleguminosen aus unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen wurden auf Basis der genannten *in vitro*-Methoden verglichen und hinsichtlich ihrer Genauigkeit bzw. Eignung diskutiert.

Material und Methoden

Die *in vitro*-Analyse nach Tilley und Terry (TT) erfolgte modifiziert an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die Cellulasemethode (CM) basierend auf De Boever wurde nach VDLUFA-Vorgaben an der CAU Kiel durchgeführt. Als Pflanzenmaterial dienten bei 60°C getrocknete und auf 1 mm vermahlene Proben eines Feldversuches, der im Jahr 2004 im Rahmen des EU-Projektes COST Action 852 stattfand (Kleen et al., 2005). Der Probensatz aus 195 Proben schloss fünf Leguminosenarten (Weißklee, Rotklee, Kura-Klee, Luzerne, Hornklee) aus bis zu drei unterschiedlichen Nutzungssystemen (Siloschnitt, simulierte Weide, Umtriebsweide) in dreifacher Feldwiederholung ein. Bei beiden Methoden wurden bis zu vier Standardproben mit bekannter *in vivo*-Verdaulichkeit mit untersucht (Grünlandfutter, Variationsbereich der Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM) 41,9…75,2 %).

Die Energiegehalte der Proben wurden nach Korrektur der Rohdaten anhand der Standardproben aus der *in vitro*-Verdaulichkeit nach TT regressionsanalytisch getrennt für den ersten Aufwuchs bzw. die Folgeaufwüchse ermittelt. Die Schätzung der metabolisierbaren Energie (ME; MJ kg TS^{-1}) nach CM erfolgte mittels Formel für Leguminosen und Leguminosenkonservate nach Weissbach et al. (1996). Die statistische Auswertung erfolgte innerhalb der Systeme als Vergleich der Differenzen der ME (ME_{Diff}=ME_{TT}-ME_{CM}), die anhand eines Student t-Tests gegen Null geprüft wurden. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Standardproben den bekannten *in vivo*-Verdaulichkeiten (DOM_{vivo}) gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgte ebenfalls jeweils mittels Differenzbildung.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
* Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning (Österreich)

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Gegenüberstellung der geschätzten ME der Leguminosen ergeben sich überwiegend höhere Energieschätzungen auf Basis der CM im Vergleich zu TT. Dabei zeigen sich in der statistischen Auswertung der Differenzen innerhalb jedes Systems signifikante Unterschiede zwischen den Methoden (Tab. 1) sowie eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Termin*Art (Daten nicht dargestellt).

Tab. 1: Differenzen der ME-Schätzungen der Methoden.

System	Art	Aufwuchs 1	Aufwuchs 2	Aufwuchs 3	Aufwuchs 4	Aufwuchs 5
Silo	Weißklee	0,03	-0,85 **	-0,46	-1,25 ***	
	Rotklee	0,35	-1,37 ***	-0,33	-2,87 ***	
	Kura-Klee	-0,33	-1,27 ***	-1,22 ***	-3,40 ***	
	Luzerne	-1,22 ***	-0,84 **	-0,83 **	-1,50 ***	
	Hornklee	-0,55 *	-1,55 ***	-0,99 ***	-1,08 ***	
Simulierte	Weißklee	-0,61	-0,41	-1,00 **	-1,34 ***	-0,85 **
Weide	Rotklee	-1,31 ***	-1,40 ***	-1,71 ***	-1,29 ***	-2,35 ***
	Kura-Klee	-1,61 ***	-2,20 ***	-1,08 **	-1,29 ***	-1,31 ***
	Luzerne	-1,25 ***	-1,05 **	-0,78 *	-1,66 ***	-1,67 ***
	Hornklee	-0,71 *	-1,78 ***	-0,74 *	-2,18 ***	-2,55 ***
Umtriebs-	Weißklee	-0,90 *	-1,15 ***	-0,99 ***	-1,09 ***	-1,92 ***
weide	Rotklee	-1,76 ***	-1,91 ***	-1,45 ***	-2,22 ***	-2,90 ***
	Luzerne	-1,68 ***	-1,29 ***	-1,77 **	-1,97 ***	-1,56 ***
	Hornklee	-1,10 *	-1,27 ***	-3,14 **	-4,40 ***	-2,88 ***

* $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$

Durch die Einbeziehung der Standards bei TT als Korrekturfaktor zeigte der Vergleich mit den *in vivo*-Werten keine signifikanten Unterschiede bei TT, jedoch signifikante Abweichungen bei CM (Daten nicht dargestellt). Dies lässt darauf schließen, dass auch die Werte der Leguminosenproben mittels CM nicht unbedingt zutreffend geschätzt werden und somit die Unterschiede in der ME erklären können.

Die Unterschiede zwischen den ME-Schätzungen sind besonders bei geringeren ME-Gehalten bzw. bei den Herbstaufwüchsen deutlich. Ursache kann eine unterschiedliche Empfindlichkeit der eingesetzten Enzyme bzw. Pansenmikroorganismen gegenüber bestimmten Inhaltsstoffen in ansteigender Konzentration im Vegetationsverlauf, das Entwicklungsstadium der Pflanze selbst oder eine Kombination dieser Merkmale sein.

Insgesamt zeigt sich, dass für Futterleguminosen sowohl in der Analytik als auch bei der Anwendung der Schätzformeln keine eindeutigen und allgemein gültigen Aussagen zur ME-Schätzung bei Futterleguminosen getroffen werden konnte.

Literatur

De Boever, J.L., B.G. Cottyn, F.X. Buysse, F.W. Wainman und J.M. Vanacker 1986: The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. Anim. Feed Sci. Techn. 14: 203-214.

Kleen, J., M. Gierus und F. Taube 2005: Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. Mitteilungen der AG Grünland und Futterbau 7: 85-88.

Weissbach, F., S. Kuhla und L. Schmidt 1996: Schätzung der umsetzbaren Energie von Grundfutter mittels einer Cellulase-Methode. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 5: 115.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 158–159 (2007)

Effect of genotype and ploidy level on yield and agronomic characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

Heba Salama, Marc Lösche, Antje Herrmann, Martin Gierus & Friedhelm Taube

Introduction

Due to the increasing pricing pressure on the dairy production, the reduction of the fodder costs through increasing the yield potential is nowadays an important breeding target. Although a significant genotypic variation in yielding potential of perennial ryegrass is documented, the ploidy effect is until now unambiguously defined, in spite of all the deducted studies (Gilliland et al., 2002; Jafari et al., 2003). Therefore, the main objective of the current project is a systematic screening of perennial ryegrass genotypes in terms of its yielding potential and quality characteristics. In this paper the results of 2006 growing season regarding the yield potential will be presented.

Material and Methods

Two field experiments were conducted at three sites in northern Germany. Twenty *Lolium perenne* L. genotypes (intermediate heading) were tested in a Randomized Complete Block Design with three replicates in the first experiment. Cutting was applied at the early ear emergence in each regrowth. A Lattice Design was used in the second experiment to evaluate 25 genotypes under two cutting regimes A and B. These 25 genotypes (20 *L. perenne*, 3 *L. multiflorum*, and 2 *Festuca pratense*) were classified according to ploidy level 9 families, each consisting of one diploid (2n) genotype and the tetraploid (4n) genotype(s) derived from it. Cutting regime A was applied at ear emergence of the earliest genotype, then every 5 weeks. Cutting regime B began 2 weeks later than A with a cutting interval of 6-7 weeks. Dry matter yield (DMY) per plot was determined after harvesting and drying at 58°C for 24 hours. The developmental stage of the tested genotypes was recorded only in site 3 by determining Mean Stage by Count (MSC) of 50 tillers per plot in each cut. Data were statistically analyzed using least significant difference procedure and Bonferroni-Holm adjustment for mean comparison.

Results and Discussion

Experiment 1: Results indicated that DMY varied significantly among the 20 tested genotypes and between the three sites. However the interaction was not significant. The maximum difference among the 20 tested genotypes was 18.2 (1st cut) and 20.1 dt DM ha^{-1} (annual DMY), see Table 1. The significant differences between the three sites could be mainly attributed to the environmental influence. The relationship quantified between MSC and yield makes assume that the genotype effect found in the analysis of variance can, to some extent, be attributed to differences in developmental stage at cutting: 1st cut DMY = 7.44 MSC – 0.3508 (r^2 = 0.29), Annual DMY = 12.52 MSC + 56.33 (r^2 = 0.30).

Experiment 2: Results revealed a significant interaction between all the studied factors on the annual and 1st cut DMYs. In case of 1st cut DMY (Fig. 1) the 4n genotypes in families C, D and I showed significant superiority over the 2n genotypes on site 2 in cutting regime A with a DMY difference of around 15 dt DM ha^{-1}, while the situation was reversed for family F. Concerning the annual DMY, Figure 2 reveals that the 2n

Universität Kiel, Grünland u. Futterbau/Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

genotypes in families E and H gave around 21 and 24 dt DM ha^{-1}, respectively, more than their 4n derivatives. On the other hand, the situation was reversed for family D. Again, MSC values recorded on site 3 indicate an impact of maturation behaviour on the assessment of yield performance, where genotypes with higher MSC had also higher DMY, although MSC values did not differ significantly. Our results reflect the inconsistent findings in literature, where Gililand et al. (2002) reported 4n genotypes to show better yielding performance compared to 2n ones, while Laidlaw (2004) found no significant differences in dry matter yield.

Table 1: Mean values for annual and first cut DMYs (dt DM ha^{-1}) for the twenty genotypes. Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to LSD test at 0.01 level of probability following Bonferroni-Holm adjustment.

Genotype	Mean DMY (dt ha^{-1})		Genotype	Mean DMY (dt ha^{-1})	
	Annual DMY	1st cut DMY		Annual DMY	1st cut DMY
1	120.1 ab	52.5 abc	11	117.1 ab	49.0 abc
2	127.3 ab	60.5 ab	12	113.5 b	47.5 bc
3	119.4 ab	53.3 abc	13	120.7 ab	55.6 abc
4	115.6 ab	45.7 bc	14	126.8 ab	55.9 abc
5	130.2 a	60.3 ab	15	121.8 ab	52.6 abc
6	131.1 a	63.7 a	16	128.5 ab	59.7 ab
7	113.6 b	43.4 c	17	127.2 ab	54.1 abc
8	112.8 b	46.3 bc	18	117.4 ab	46.7 bc
9	117.3 ab	48.1 abc	19	127.7 ab	57.9 abc
10	118.1 ab	50.6 abc	20	126.1 ab	60,7 ab

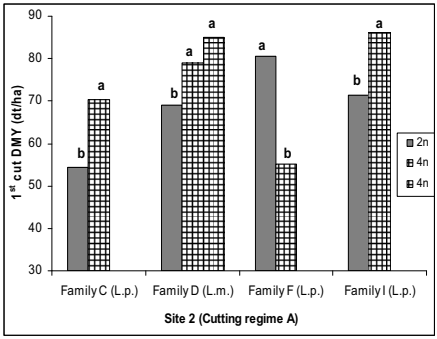


Fig 1. Differences in 1st cut DMY (dt DM ha^{-1}) between 2n and 4n within the same ploidy family.

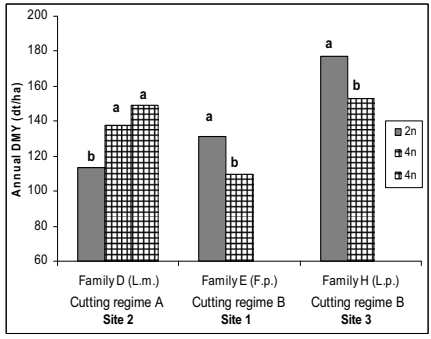


Fig 2. Differences in annual DMY (dt DM ha^{-1}) between 2n and 4n within the same ploidy family.

References

Gilliland, T.J., Barrett, P.D., Mann R.L., Agnew R.E. & Fearon A.M. (2002): Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicator for *Lolium perenne* varieties. *Journal of Agricultural Science* 139, 257-273.

Laidlaw, A.S. (2004): Effect of heading date of perennial ryegrass cultivars on tillering and tiller development in spring and summer. *Grass and Forage Science* 59, 240-249.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 160–161 (2007)

Der Einfluss pflanzlicher Proteasen auf den Proteinabbau bei unterschiedlichen Deutsch Weidelgras Sorten (*Lolium perenne* L.)

Marc Lösche, Heba Salama, Martin Gierus, Antje Herrmann & Friedhelm Taube

Einleitung

Milchvieh Futterbaubetriebe sind trotz bedarfsgerechter Düngung durch hohe N-Salden gekennzeichnet. Einer der Gründe hierfür liegt in der geringen N-Nutzungseffizienz der Wiederkäuer. Aufgrund des raschen Proteinabbaus im Pansen bei gleichzeitig nicht ausreichend vorhandener Menge an fermentierbarer organischer Masse kommt es zur Anreicherung von Ammoniak im Pansen, welcher in Form von Harnstoff im Urin des Tieres ausgeschieden wird. Im Gegensatz zu älteren Untersuchungen, in denen überwiegend davon ausgegangen wurde, dass der Proteinabbau im Pansen ausschließlich durch Mikroorganismen erfolgt, zeigen neuere Studien, dass während der ersten Stunden nach der Aufnahme frischen Weidefutters auch pflanzeneigene Proteasen einen bedeutenden Anteil zum Proteinabbau beisteuern können (Zhu et al., 1999).Ziel des Projektes ist es, Auswirkungen pansenähnlicher Bedingungen auf die Aktivität pflanzlicher Proteasen in frischen Blättern von zehn diploiden Deutsch Weidelgras Sorten des mittelfrühen Sortimentes zu untersuchen. Basierend darauf sollen Sorten identifiziert werden, die aufgrund geringerer Proteaseaktivität einen höheren Futterwert aufweisen. Es werden die Proteingehalte der Proben nach unterschiedlicher Inkubationsdauer präsentiert und die daraus abgeleiteten Abbauraten diskutiert.

Material und Methoden

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Jahr 2006 auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel durchgeführt. In Form einer einfaktoriellen Blockanlage mit dreifacher Wiederholung wurden zehn diploide Deutsch Weidelgras Sorten des mittelfrühen Sortimentes zum Zeitpunkt früher Siloreife im ersten und zweiten Aufwuchs beprobt. Nach der Ernte erfolgte zeitnah die Aufarbeitung des Pflanzenmaterials im Labor. Nach der Reinigung in destilliertem Wasser und der Oberflächensterilisation in 80% Ethanol wurde jeweils 1 g des zerkleinerten Blattmaterials in dreifacher Wiederholung drei unterschiedlichen Behandlungsstufen (BS) ausgesetzt. BS 1 war dadurch gekennzeichnet, dass das Blattmaterial ohne Inkubation in flüssigem Stickstoff eingefroren wurde und bis zur Laboranalyse bei -70°C gelagert wurde. Im Gegensatz dazu wurden die Proben in BS 2 und BS 3 für jeweils 6h bzw. 24h in Dunkelheit anaeroben Bedingungen ausgesetzt und bei 39°C in 100 ml Inkubationspuffer (50mM Na_2HPO_4, 50mM KH_2PO_4, 5mM DTT, 2% Natriumazid) inkubiert. Nach Beendigung der Inkubation wurde das Blattmaterial den Pufferflaschen entnommen, mit destilliertem Wasser gespült und bis zur Analyse bei -70°C aufbewahrt. Zur Messung des Proteingehaltes wurden die tiefgefrorenen Proben unter Zugabe von flüssigem Stickstoff im Mörser zu feinem Pulver vermahlen, von dem jeweils 0,3 bis 0,5 g in ein Eppendorfgefäß eingewogen und mit 800 µl Extraktionspuffer (50mM Tris, 2mM DTT, 1mM EDTA, 0,1% Triton X100, pH 7,5) versetzt wurde. Nach der Homogenisierung und der anschließenden zehnminütigen Zentrifugation bei 4°C und 10.000 x g wurde im Überstand die Proteinkonzentration nach Bradford (1976) gemessen.

Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität zu Kiel

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich der gemessenen Proteingehalte wurden neben den Haupteffekten Genotyp (G), Behandlungsstufe (BS) und Aufwuchs (A) die Wechselwirkung zwischen G x BS, A x G, A x BS und A x G x BS statistisch untersucht. Signifikanzen konnten jedoch lediglich für die drei Haupteffekte und die Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Behandlungsstufe festgestellt werden. Der mittlere Proteingehalt der untersuchten Genotypen über alle Behandlungsstufen ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Werte schwanken in einem Bereich von 37,3 bis 58,7 µg/g FM. Genotyp 10 weist signifikant höhere Gehalte auf als Genotyp 1, 2, 4 und 8.

Tab.1: Mittlerer Proteingehalt (µg/g FM) der Genotypen über alle Behandlungsstufen

Genotyp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mittlerer Proteingehalt (µg/g FM)	$42,2^{b}$	$42,4^{b}$	$48,2^{ab}$	$37,3^{b}$	$48,3^{ab}$	$49,9^{ab}$	$50,1^{ab}$	$44,3^{b}$	$48,2^{ab}$	$58,7^{a}$

Der Einfluss der Inkubationsdauer auf den durchschnittlichen Proteingehalt beider Aufwüchse verdeutlicht Tabelle 2. Es zeigt sich, dass sich die Proteingehalte jeder BS bei beiden Aufwüchsen signifikant voneinander unterscheiden. Während die nicht inkubierten Proben den höchsten Proteingehalt aufweisen, ist mit zunehmender Inkubationsdauer eine signifikante Abnahme der Proteingehalte festzustellen. Im Zeitraum von 24 h nahm der Proteingehalt bei den jeweiligen Aufwüchsen um 89% und 88,2% ab. Die Werte stützen die Studie von Beha et al. (2002), der bei Inkubationsversuchen mit Deutsch Weidelgras im gleichen Zeitraum einen Wert von 82,3% ermittelte. Anhand der gemessenen Proteingehalte wurden zusätzlich die jeweiligen Abbauraten der Genotypen hergeleitet. Die stündliche prozentuale Abbaurate schwankt bei beiden Aufwüchsen zwischen 7,0 und 12,2%. Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen konnten nicht festgestellt werden. Die von Beha et al. (2002) getroffene Aussage, dass bereits nach drei Stunden ein Drittel des Ausgangsproteins abgebaut ist, wird anhand der hier ermittelten Abbauraten z.T. übertroffen.

Tab.2: Veränderungen des durchschnittlichen Proteingehaltes (µg/g FM) im Inkubationsverlauf

Behandlungsstufe	Erntetermin	
	1. Aufw.	2. Aufw.
1 (0 Std.)	$72,1^{a}$	$126,7^{a}$
2 (6 Std.)	$24,8^{b}$	$35,7^{b}$
3 (24 Std.)	$7,9^{c}$	$14,7^{c}$

Als Resultat lässt sich festhalten, dass die Abnahme der Proteinkonzentration mit fortschreitender Inkubationsdauer den Einfluss pflanzlicher Proteasen am Proteinabbau belegt. Eine Selektion von Genotypen mit geringerer Proteinabbaurate ist, basierend auf den Daten des ersten Versuchsjahres nicht möglich.

Literatur

Beha E.M., Theodorou M.K., Thomas B.J., Kingston-Smith A.H. (2002): Grass cells ingested by ruminants undergo autolysis which differs from senescence: implications for grass breeding targets and livestock production. *Plant, Cell and Environment* 25, 1299-1312.

Zhu W.Y., Kingston-Smith A.H., Troncoso D., Merry R.J., Davies D.R. Pichard G. Thomas H., Theodorou M.K. (1999): Evidence of a role for plant proteases in the degradation of herbage. proteins in the rumen of grazing cattle. *Journal of Dairy Science* 82, 2651-2658

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 162–163 (2007)

Genotyp- und umweltbedingte Variation in der Verdaulichkeit von Silomais (*Zea mays* L.)

Sandra Kruse, Antje Herrmann, Jörg M. Greef*, Frank Höppner*, Jürgen Rath** & Friedhelm Taube

Einleitung

Der Futterwert von Silomais (*Zea mays* L.) wird im Wesentlichen durch die Gehalte qualitätsbestimmender Parameter in der Gesamtpflanze und durch deren Verdaulichkeit charakterisiert. Die chemische Zusammensetzung und hierbei insbesondere die der Kohlenhydratfraktionen ist im Vegetationsverlauf systematischen Veränderungen unterworfen. Unterschiede in den Inhaltsstoffgehalten werden durch den Genotyp (u.a. Barriere et al., 2003), aber auch durch Umweltbedingungen (u.a. Struik, 1983) direkt oder indirekt beeinflusst. Untersuchungen zu den Gehalten an Struktur- und Nicht-Struktur-Kohlenhydraten dokumentieren eine im Vergleich zu den Witterungseinflüssen untergeordnete Bedeutung des Genotyps (Kruse, 2006). Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die genotypbedingten Unterschiede in der Verdaulichkeit der Gesamtpflanze verschiedener Silomaissorten über einen weiten Gradienten an Umwelten zu quantifizieren.

Material und Methoden

Grundlage dieser Untersuchung stellen Daten dar, die im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose von Silomais“ vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel in Kooperation mit dem Deutschen Maiskomitee (DMK), der Bundesanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL), dem Deutschen Wetterdienst (DWD), sowie Landwirtschaftskammern, Länderdienststellen und Züchtungshäusern erhoben wurden. An acht Standorten wurden sechs Silomaissorten der frühen und mittelfrühen Reifegruppe (Arsenal, Oldham, Symphony, Probat, Attribut, Fuego) geprüft. Zu 6 Terminen (1 Termin vor, 5 nach der Blüte) wurde die enzymlösbare organische Substanz (% ELOS) in der gehäckselten und bei 65°C getrockneten Gesamtpflanze mittels NIRS bestimmt. Die Kalibration bzw. Validation der Schätzgleichung basieren auf der nasschemischen Analyse der ELOS nach VDLUFA-Verbandsvorschrift (1993; Cellulasemethode nach de Boever et al., 1986). Die varianzanalytische Auswertung der ELOS-Daten erfolgte mittels MIXED MODEL des Programmpaketes SAS® 8.2 (SAS Institute Inc., 2001), wobei die vierfachen Interaktionen auf Grund der großen Komplexität des statistischen Modells nicht berücksichtigt wurden. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mit t-test und anschließender Korrektur der Überschreitungswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% auf Signifikanz geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

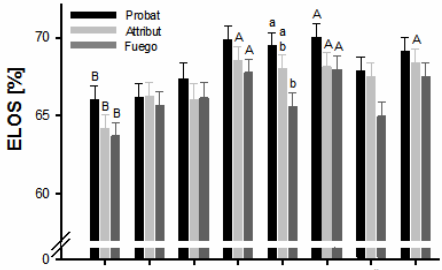
Zur genaueren Analyse der genotypbedingten Sortenunterschiede zeigt Abb. 1 die signifikante Wechselwirkung ‚Standort x Sorte innerhalb Reifegruppe x Erntetermin’

Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
* Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Grünlandw., Braunschweig
** Deutsches Maiskomitee e.V. Bonn

Bernburg (Sorte Fuego 63,70%) ermittelt werden. Zwischen den Standorten weist die Sorte Attribut den größten Unterschied von 4,37% auf, wobei sich die Trockensubstanz- (TS-) Gehalte der Gesamtpflanze in erheblichem Maße unterscheiden (32,57% Bernburg vs. 28,73% Wehnen).

Tab. 1: F-Werte und Signifikanzniveau der Gesamtpflanzen ELOS-Werte [%] von 6 frühen und mittelfrühen Sorten getestet an 8 Orten in den Jahren 2001-2003.

Effekt	DF	F Value	Pr>F
Orte	7	35.02	<.0001
Jahr	2	42.37	<.0001
Reife	1	87.03	<.0001
Sorte(Reife)	4	21.77	<.0001
Termin	4	337.07	<.0001
Block(Ort*Jahr)	23	1.53	0.0601
Ort*Jahr	14	40.98	<.0001
Ort*Reife	7	0.28	0.9628
Ort*Sorte(Reife)	28	1.86	0.0073
Ort*Termin	28	14.79	<.0001
Jahr*Reife	2	10.55	<.0001
Jahr*Sorte(Reife)	8	1.76	0.0864
Jahr*Termin	8	47.05	<.0001
Reife*Termin	4	2.08	0.0830
Sorte(Reife)*Termin	16	5.89	<.0001
Ort*Jahr*Reife	14	2.06	0.0142
Ort*Jahr*Sorte(Reife)	56	0.92	0.6423
Ort*Jahr*Termin	56	11.18	<.0001
Ort*Reife*Termin	28	1.44	0.0734
Ort*Sorte(Reife)*Termin	112	1.31	0.0355
Jahr*Reife*Termin	8	1.23	0.2795
Jahr*Sorte(Reife)*Termin	32	1.09	0.3497



TS [%]	BE	PA	KI	WE	BS	KV	DÜ	FR
Probat	32.40	33.04	32.19	28.76	28.06	26.66	33.87	30.04
Attribut	32.57	32.36	31.99	28.73	28.35	26.80	32.87	31.53
Fuego	33.76	31.46	31.61	28.37	27.91	25.83	31.93	30.80

BE: Bernburg; PA: Paulinenaue; KI: Kiel; WE: Wehnen; BS: Braunschweig; KV: Kleve; DÜ: Dülmen; FRE: Freising. Verschied. Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (p < 0.005); Klein: zwischen den Sorten an einem Standort; Groß: zwischen den Standorten innerhalb einer Sorte; bei fehlenden Angaben: keine signifikante Unterschiede.

Abb.1. ELOS- und TS-Gehalte [%] der Sorten Probat, Attribut, Fuego (mittelfrüh) im Bereich der Siloreife. Mittel der Versuchsjahre (2001-03).

Absicherbare Unterschiede in den ELOS-Gehalten der mittelfrühen Sorten liegen zwischen den Standorten Bernburg und Wehnen, Kleve bzw. Freising im Bereich von 4-4,2%. Zwischen den Sorten hingegen lassen sich ausschließlich am Standort Braunschweig signifikante Unterschiede in der Größenordnung der umweltbedingten Variation feststellen (Fuego 65,61% vs. Probat 69,46%). Dieses Ergebnis wird in der frühen Reifegruppe bestätigt. Insgesamt kann festgehalten werden, dass keine generellen Aussagen bezüglich genotypbedingter Unterschiede im Hinblick auf die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze getroffen werden können. Die Ergebnisse bestätigen vorhergehenden Studien (Kruse, 2006), in denen Sortenunterschiede in den Kohlenhydratgehalten (NDF, ADF, Cellulose, Hemicellulose) ausschließlich zu frühen Entwicklungsstadien bzw. in Abhängigkeit der Abreife ermittelt werden konnten.

Literatur

Barrière, Y., C. Guillet, D. Goffner, and M. Pichon (2003): Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. Anim. Res. 52, 193-228.

Kruse, S. (2006): Charakterisierung und Modellierung des Abreifeverhaltens von Silomaisgenotypen mittels futterwertbestimmender Parameter. Diss. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Struik, P.C. (1983): Effect of temperature on development, dry-matter production, dry-matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.). An analysis. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen. Nederland. 83-3, 1-41.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 164–165 (2007)

Variabilität von Gärqualitätsmerkmalen im Vergleich unterschiedlicher Entnahmepositionen in einem Fahrsilo

Sandra Köhnke, Harald Laser & Wilhelm Opitz von Boberfeld

Einleitung

Bedingt durch die inhomogene Druckverteilung bei der Verdichtung des Erntegutes während der Befüllung eines Fahrsilos kann es in unterschiedlichen Entfernungen zur Silowand zu uneinheitlichen Lagerungsdichten kommen. Mit zunehmenden Tiefen können zum Teil infolge des Druckes durch das Eigengewicht ebenfalls variable Dichten festgestellt werden (Muck & Holmes 2000). Ziel der Untersuchung war die Klärung der Frage, ob unter Praxisbedingungen relevante Unterschiede in den Gärprodukten im Vergleich verschiedener Entnahmepositionen auftreten. Hieraus sollten Erkenntnisse zu möglichen Fehlerquellen bei der Entnahme von Silageproben gewonnen werden.

Material und Methoden

Das untersuchte Fahrsilo (Länge 35 m, Breite 5 m, Höhe 3 m) befand sich im Sauerland in der Gemarkung Kierspe. Das Erntegut des beprobten Silos stammte aus dem ersten Schnitt ähnlich bewirtschafteter Flächen (Höhelage 400 – 450 m über NN). Der Hauptbestandbildner aller Bestände war *Lolium perenne*. Die Ernte fand Mitte Mai bei einer Aufwuchshöhe von durchschnittlich 25 cm statt. Das Material wurde auf 35 % TS vorgewelkt und innerhalb eines Tages ohne weiteres Häckseln oder Aufbereiten in das dreiseitig geschlossene Fahrsilo eingefahren. Abgedeckt wurde mit zwei Folien und Teflonnetzen, sowie Reifen und Sandsäcken zur Beschwerung. Die Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten (= wlk) lagen bei einem Mittelwert von 8,9 %, der Rohproteingehalt bei 21,2 % der TS.

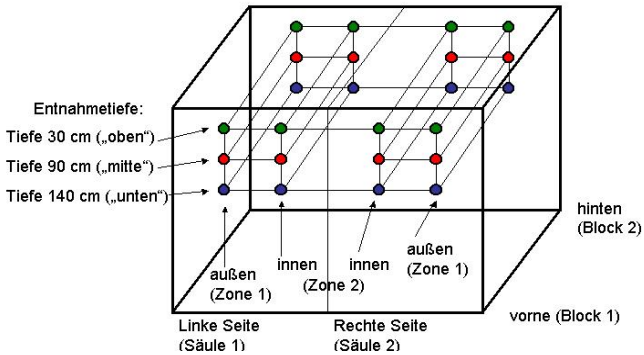


Abb. 1: Entnahmepositionen im Fahrsilo

Nach einer Lagerungsdauer von 120 Tagen wurden die Proben nach dem Plan eines lateinischen Rechteckes in den in Abb. 1 skizzierten Positionen im Fahrsilo

Arbeitsgruppe Grünland & Futterbau – Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig Universität gießen, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen

entnommen. Der kleinste Abstand von der Probenentnahmestelle zur Wand betrug 1 m. Die Beurteilung der Silagequalität erfolgte anhand der pH-Werte, der NH_3-N

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 zeigt die pH-Werte, die Konzentration an qualitätsbestimmenden Gärprodukten sowie die Verdaulichkeit der organischen Substanz in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe (T_1=30 cm, T_2=90 cm, T_3=140 cm) und der Zone (Z_1="außen", Z_2="innen", vgl. Abb. 1). Die Varianzanalysen ergeben, dass der Faktor Zone für keine der untersuchten Zielgrößen signifikant ist. Es besteht lediglich die Interaktion Entnahmetiefe x Zone für Essigsäure. Der Faktor Entnahmetiefe ist signifikant für die Zielgrößen ph-Wert, flüchtige Fettsäuren, Essigsäure und *in-vitro*-Verdaulichkeit der organischen Substanz, nicht jedoch für die Milchsäurewerte, die Buttersäurekonzentration und den NH_3-N-Anteil am XP-N. Offenbar kann eine Beprobung in unterschiedlichen Tiefen eines Fahrsilos die Genauigkeit bei der Bewertung der Silagequalität verbessern. Die erschwerte Verdichtung des Silierkörpers in Nähe der Silobegrenzung führt im Vergleich zu zentral gelegenen Bereichen nicht zu Qualitätsverlusten im Laufe der Fermentation. Allerdings ergeben sich auch erhebliche nicht räumlich bedingte, offenbar zufällige Qualitätsunterschiede im Vergleich einzelner Proben, die die zum Teil hohen Grenzdifferenzen verursachen. Eine Erhöhung der Stichprobenzahl lässt folglich in jedem Fall eine erhöhte Versuchsgenauigkeit erwarten.

Tab. 1: Silagemerkmale in Abhängigkeit von Entnahmezone (=Z) und –tiefe (=T)

	pH-Wert			Milchsäure.%			Buttersäure %			Flüchtige FS.%		
Position	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
Z_1	5,7	5,3	5,5	1,1	1,8	1,6	0,4	0,5	1,0	0,9	1,2	1,8
Z_2	5,8	5,5	5,4	0,9	1,6	1,8	0,8	0,9	1,2	1,3	1,4	2,2
GD 5% $_{Tiefe/Zone}$	**0,24**			**0,83**			**0,51**			**0,55**		
	Essigsäure %			NH_3-N an XP-N			Verdaulichkeit d. OS %					
Position	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3			
Z_1	0,6	0,6	0,6	3,9	3,3	3,8	82,4	80,3	79,7			
Z_2	0,4	0,5	0,8	3,8	3,1	3,5	81,8	81,7	80,2			
GD 5% $_{Tiefe/Zone}$	**0,17**			**1,11**			**1,45**					

Literatur

Honold, F.& B. Honold, 1991: Ionensensitive Elektroden, Grundlage und Anwendung in Biologie und Medizin. Verl. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.

Haaker, K., H.-J. Block & F. Weissbach, 1983: Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. Arch. Tierern. 33, 505-512.

Muck, R. E. & Holmes, B. J., 2000: Factors affecting bunker silo densities. *Applied Engineering in Agriculture* **16**, 613-619.

Theune, H.H., 1979: Gaschromatische Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren einschließlich Äthanol und Milchsäure aus Gärfutter. Ein Methodenvergleich. Landw. Forsch. 26, Kongressband 1978 Augsburg, Sonderh. 35, 540-547.

Tilley, J. M. A. & R. A. Terry, 1963: A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 166–167 (2007)

Beobachtung der Markierungskinetik von Kohlenstoff in einem Grasland-Ökosystem

Ulrike Gamnitzer, Rudi Schäufele & Hans Schnyder

Einleitung

Um Kohlenstoff-Flüsse in einem Grasland-Ökosystem zu untersuchen, wurde eine Markierungstechnik mit stabilen Isotopen ($^{13}CO_2$) in offenen dynamischen Kammern entwickelt. Im Folgenden wird die Anwendung dieser neuen Technik auf ein C3-Grasland an einem Standort nahe Freising (Versuchsstation Grünschwaige, Technische Universität München) und die Beobachtung der Markierungskinetik des Kohlenstoffs im nachts respirierten CO_2 dargestellt.

Material und Methoden

Die Ausbringung der ^{13}C-Markierung erfolgte mit einem System aus vier offenen Kammern, das auch Komponenten zur Erzeugung von Luft mit vorgegebener konstanter CO_2-Konzentration und -Isotopenzusammensetzung und zur Analyse von CO_2-Konzentration (Infrarot-Gasanalysator) und -Isotopenzusammensetzung (continuous flow isotope ratio mass spectrometer) enthält. Die Optimierung dieses Systems für den Einsatz im Feld beinhaltete die homogene CO_2-Verteilung in der Kammerluft durch die Verteilung der einströmenden Luft, die Vermeidung von Kontamination der Kammer durch Umgebungsluft mittels eines Puffervolumens am offenen Kammerausgang und die Kontrolle der Temperatur durch Kühlung und thermische Isolation der einströmenden Luft und durch Evaporation.

Ergebnisse und Diskussion

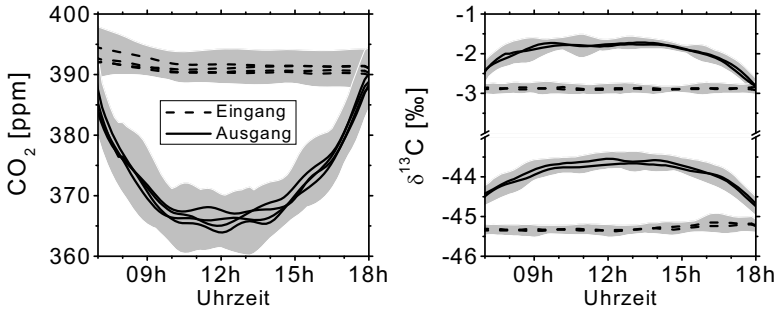


Abb. 1: Tagesgang der CO_2-Konzentration und -Isotopenzusammensetzung ($\delta^{13}C$) in den vier Kammern, jeweils Kammereingang und -ausgang, während eines Markierungsexperiments. Mittelwerte jeder der vier Kammern (Linien) und Variation zwischen den einzelnen Tagen (grau schraffiert).

Während eines zweiwöchigen Markierungsexperiments wurden in jeder Kammer $0.8m^2$ eines Grasland-Ökosystems eingeschlossen und kontrollierten Bedingungen

Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, D-85350 Freising

bezüglich CO_2-Konzentration und -Isotopenzusammensetzung ausgesetzt. Durch die CO_2-Isotopenzusammensetzung im Kammerinneren von $\delta^{13}C$=-1.9‰ bzw. -43.8‰, die von der Zusammensetzung der Umgebungsluft mit etwa -8‰ deutlich abwich, erfolgte die eigentliche Markierung. In den Kammern waren die Bedingungen während eines Tages praktisch konstant, und die Variation zwischen den einzelnen Tagen lag innerhalb von 4ppm bei der CO_2-Konzentration und 0.2‰ bei $\delta^{13}C$ (jeweils Standardabweichung). Dies ermöglichte eine kontinuierliche Ausbringung der Markierung bei konstanter CO_2-Konzentration und -Isotopenzusammensetzung mit hoher Präzision.

Nachts wurde die Markierung im vom Ökosystem respirierten CO_2 mit Hilfe von Online-Messungen der CO_2-Konzentration und -Isotopenzusammensetzung [Schnyder et al., 2004] verfolgt. Die isotopische Zusammensetzung des respirierten CO_2 wurde mit der Keeling-Plot-Methode für eine geschlossene statische Kammer bestimmt. Durch Massenbilanzierung für zwei Kammern mit unterschiedlicher Markierung wurde entsprechend Lehmeier et al. [2005] die Netto-Diskriminierung Δ während der Aufnahme (Assimilation) und nachfolgenden Abgabe (Respiration) und der Anteil f_{mark} des markierten CO_2 im respirierten CO_2 ermittelt.

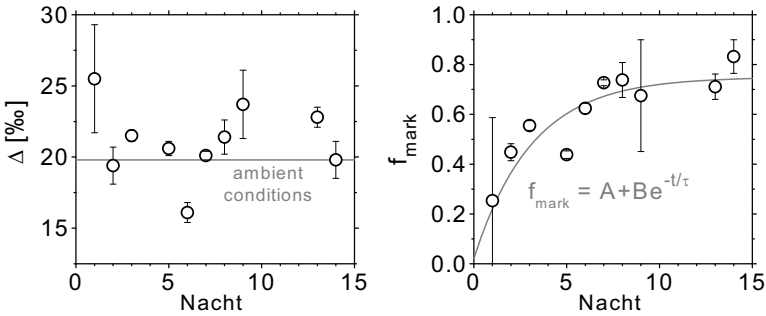


Abb. 2: Netto-^{13}C-Diskriminierung Δ und Anteil f_{mark} des markierten CO_2 im respirierten CO_2 während eines Markierungsexperiments.

Die beobachtete Diskriminierung stimmte mit im Mittel 20.4‰ (±0.2‰) gut mit der Diskriminierung unter Umgebungsbedingungen von 19.8‰ überein. Damit wurde die Diskriminierung nicht durch die Kammern beeinflußt. Während der zweiwöchigen Markierungsdauer stieg der Anteil an markiertem CO_2 auf 74% an. Die Markierungskinetik des respirierten CO_2 deutete auf zwei Pools hin: Einen statischen Pool, der von der Markierung unberührt blieb und einen Anteil von 25% (±6%) am gesamten respirierten CO_2 hatte, und einen dynamischen Pool, der eine mittlere Verweildauer für Kohlenstoff von 3.1d (±0.9d) aufwies.

Literatur

Lehmeier, C.A., R. Schäufele and H. Schnyder, 2005. Allocation of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in seedlings of Helianthus annuus under subambient and elevated CO_2 growth conditions. New Phytologist 168, 613-628.

Schnyder, H., R. Schäufele and R. Wenzel, 2004. Mobile, outdoor continuous-flow system for automated high-frequency ^{13}C- and ^{18}O-CO_2 analysis for Keeling plot applications. Rapid Communications in Mass Spectrometry 18, 3068-3074.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 168–169 (2007)

Stickstoffbilanzen und Isotopensignaturen von heterogenem Grünland

Nicole Wrage, Frank Küchenmeister & Johannes Isselstein

Einleitung

Aktuelle Arbeiten haben gezeigt, dass Signaturen von stabilem Stickstoff (N) in Rinderschwanzhaaren (Schwertl *et al.*, 2005) sowie in Boden- und Pflanzenproben von Mähwiesen (Watzka *et al.*, 2006) Korrelationen mit N-Bilanzen aufweisen. Diese bisherigen Untersuchungen wurden auf Betriebsebene oder in homogenen Systemen durchgeführt. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwieweit auch N-Isotopensignaturen von Rinderschwanzhaaren und Pflanzenproben heterogener Dauerweiden mit N-Bilanzierungen übereinstimmen und so als Indikatoren für N-Überschüsse oder -verluste genutzt werden könnten.

Material und Methoden

Untersucht wurden unterschiedlich intensive Behandlungen eines Dauerweideversuchs mit Fleckvieh in Relliehausen, Solling (mäßig intensiv: MC: Zielnarbenhöhe [ZNH] 6 cm, extensiv: LC: ZNH 12 cm, sehr extensiv: VLC: ZNH 18 cm). Der Versuch läuft seit 2002 (n = 3, Plotgröße 1 ha), mit einer kleinen Änderung in der sehr extensiven Behandlung, die bis 2005 mit Deutsch Angus Rindern mit einer Zielnarbenhöhe von 12 cm beweidet wurde. Für weitere Informationen siehe Isselstein et al. (2007).

Für Isotopenbestimmungen von Pflanzenproben wurde das obere Drittel der Pflanzen Mitte Juli 2006 geerntet (9 Mischproben pro Plot). Die Proben wurden getrocknet (70 °C), gemahlen und auf einem Isotopenverhältnismassenspektrometer Finnigan MAT 251 (IRMS), das über ein Conflo-II-Interface (Finnigan, Bremen) an einen Elementaranalysator NA1500 (Carlo Erba, Mailand) gekoppelt war, gemessen.

Rinderschwanzhaare wurden entsprechend der Beschreibung von Schwertl et al. (2005) von zwei Tieren je Fläche an drei Terminen während und nach der Weideperiode genommen und aufbereitet. Sie wurden mit oben genanntem IRMS-System analysiert.

Bodenoberflächenbilanzen für Stickstoff wurden für die gesamte Plotfläche berechnet sowie für den Teil der Plotfläche ohne Kotstellen. Als Input wurden Deposition, Fixierung und Exkretion berücksichtigt, als Output die Futteraufnahme der Tiere.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenproben der drei Behandlungen unterschieden sich signifikant im δ^{15}N-Wert (P = 0,047): Die Proben von LC waren im Vergleich zu denen von VLC abgereichert, während die von MC im Mittel intermediär waren und sich nicht signifikant von den anderen unterschieden. Bei den Rinderschwanzhaarproben konnten saisonale Schwankungen beobachtet werden, aber keine Unterschiede zwischen den Behandlungen.

Die N-Bilanzen für die Gesamtfläche zeigten Überschusse für alle Behandlungen. Verglichen mit anderen Studien (Watzka *et al.*, 2006) lagen die Überschüsse in einem sehr engen Bereich. Sie waren im Trend in MC höher als in LC und dort

Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August Universität Göttingen, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

wiederum höher als in VLC. Die Bilanzen für Teilflächen ohne Kotstellen waren tendenziell für MC und VLC höher als für LC. Diese Trends waren jedoch nicht signifikant.

Abb. 1 zeigt die Relationen zwischen Isotopenwerten und Bilanzergebnissen. Die Regression zwischen δ^{15}N-Werten in den Vegetationsproben und der N-Bilanz für die Plotfläche ohne Kotstellen war signifikant (r^2 = 0,52; P = 0,029). Die Tatsache, dass diese Regression negativ war, könnte auf einen geschlosseneren N-Kreislauf in diesem extensiven System als in intensiveren Systemen, in denen bisher positive Korrelationen gefunden wurden (Schwertl *et al.*, 2005; Watzka *et al.*, 2006), hinweisen. Die Isotopenwerte in den Rinderschwanzhaaren waren unabhängig vom N-Überschuss. Dies könnte an dem selektiven Weideverhalten der Rinder liegen, sowie an der Integration über größere Weidebereiche bei ihrer Futteraufnahme.

Die Ergebnisse zeigen, dass Isotopenanalysen von Pflanzenproben besser als solche von Schwanzhaaren geeignet sein können, Unterschiede in N-Bilanzen für extensive Weidesysteme wiederzugeben.

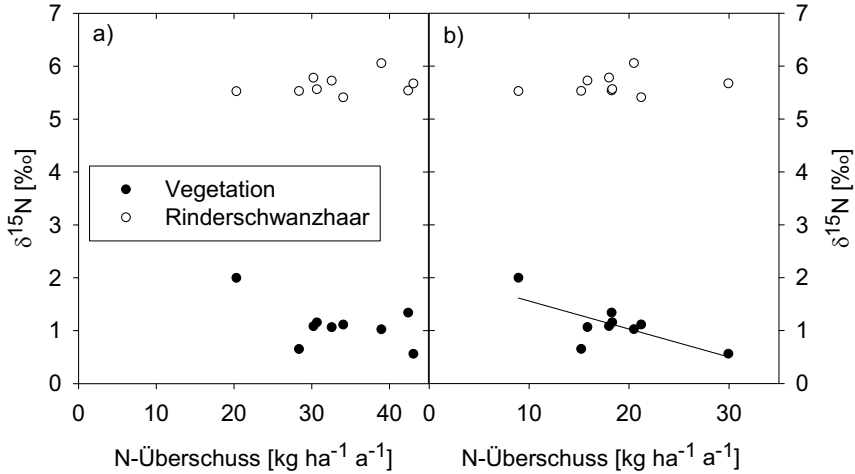


Abb. 1: δ^{15}N-Werte von Vegetation und Rinderschwanzhaaren, aufgetragen gegen den von 2003-2006 gemittelten N-Überschuss für a) den Gesamtplot und b) die Plotfläche ohne Kotstellen.

Literatur

Isselstein, J.; B.A. Griffith; P. Pradel und S. Venerus, 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. Grass and Forage Science 62: 145-158.

Schwertl, M.; K. Auerswald; R. Schäufele und H. Schnyder, 2005. Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 153-165.

Watzka, M.; K. Buchgraber und W. Wanek, 2006. Natural 15N abundance of plants and soils under different management practices in a montane grassland. Soil Biology and Biochemistry 38: 1564-1576.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 170–171 (2007)

Analyse der Wechselwirkung von Ertragsbildung und Bodenwasserhaushalt bei Winterweizenerträgen an verschiedenen Geländepositionen

Tobias Johnen, Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Aufgrund des Klimawandels muss in Mitteleuropa mit häufigeren und längeren Trockenperioden gerechnet werden. Damit steigt die Notwendigkeit ein besseres Verständnis über den Bodenwasserhaushalt, dessen lokaler Variation und der Wechselwirkung mit der Ertragsbildung von Winterweizen zu erhalten. Dieser Zusammenhang wird in jüngster Zeit auch verstärkt im Rahmen von Forschungsansätzen des „Precision Agriculture“ untersucht (Schmidhalter et al. 2004).
Mit Hilfe von Messungen aus mehreren Vegetationsperioden am Standort Hohenschulen und Modellrechnungen soll eine Analyse der Wirkung des Wasserhaushaltes auf Erträge an verschiedenen Geländepositionen mit unterschiedlichen Bodenarten durchgeführt werden.

Material und Methoden

In einem dreijährigen Versuch wurden auf 2 wechselnden Schlägen mit Winterweizen, Sorte Ritmo, auf dem Versuchsgut Hohenschulen in jeweils 2 Transekten an verschiedenen Geländepositionen (Kuppen, Hang, Rücken, Senke) jeweils 8-10 Beobachtungsparzellen angelegt. Es wurden TDR-Sonden zur Wassergehaltsmessung in 4 bis 5 Tiefen eingebaut (5 cm, 10-30 cm oder statt dessen 5-20 cm (Jahr 2006), 35-55 cm, 65-85 cm und 95-115 cm).
Ab Vegetationsbeginn wurden wöchentliche sowohl TDR- als auch Blattflächenindex-(LAI)-Messungen mit dem LAI 2000 (LicCor) in den Parzellen durchgeführt. Gedüngt wurden die Transekten betriebsüblich (2004: 192 kgN/ha, 2005: 210 kgN/ha, 2006: 210). Die Parzellen wurden mit einem Parzellenmähdrescher beerntet. Auf dem Schlag im Jahre 2005 wurden Bodenprofil bezogene Körnungsanalysen für die jeweiligen Parzellen durchgeführt. Dabei wurden vorrangig sandige Lehme und lehmige Sande festgestellt. Das Bodentypenspektrum reicht von Braunerde über Pseudogley-Braunerde, Braunerde-Pseudogley, Pseudogley, bis zum Kolluvisol.

Das Bodenwasserhaushaltsmodell ist mit Schätzfunktionen für den LAI und die Bestandeshöhe, sowie einem Evapotranspirationsmodell nach Penman-Monteith verknüpft (Allen et al. 1998). Die Bestandeshöhen- und LAI-Schätzfunktionen wurden an die Messwerte der jeweiligen Parzellen angepasst. Das Bodenwasserhaushaltsmodell wurde mit Hilfe der Parameter maximale Durchwurzelungstiefe und Wurzelwachstumsrate kalibriert.

Ergebnisse und Diskussion

Für die einzelnen Parzellen wurde die kumulative Transpiration von Vegetationsanfang im Frühjahr bis zur Ernte mittels Modell berechnet. Diese kumulativen Transpirationswerte wurden mit den Kornerträgen aus den Versuchen in Beziehung gesetzt (Abb. 1).

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald Str. 9, 24118 Kiel

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Transpirationsmenge und dem Kornertrag festgestellt werden. Anhand der kumulativen Transpiration lassen sich Ertragsunterschiede zwischen den Jahren und zu einem gewissen Teil zwischen unterschiedlichen Geländepositionen erklären.
In den Jahren 2005 und 2006 fallen einige Punkte auf, die in Bezug auf die Transpiration sehr hohe Kornerträge aufweisen. Gemeinsam haben alle drei, dass sie tiefreichende Humushorizonte haben (60-90cm). Durch weitere Analysen soll geklärt werden, welche weiteren, teilflächenspezifische variierende Faktoren einen Einfluss auf den Kornertrag haben und ab welchem Zeitpunkt eine Schätzung unterschiedlicher Ertragspotentiale möglich ist.

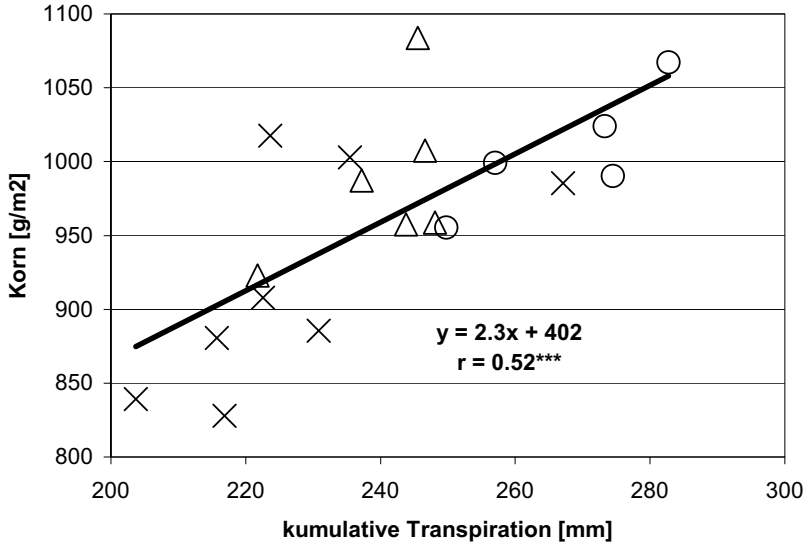


Abb. 1: Beziehung Kornertrag und Transpiration für die Jahre 2004 ○, 2005 ×und 2006 △

Literatur

Allen, R. G.; L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith 1998: Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56: 300 pp.

Schmidhalter, U.; T. Selige, J. Bobert 2004: Geophysikalische und fernerkundliche Ermittlung teilfächenspezifischer Ertragspotenziale auf der Grundlage des Wasserhaushalts in: Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau Verbundprojekt pre agro Abschlussbericht. KTBL: 239-293

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 172–173 (2007)

Einfluss des Dammanbaus von Zuckerrüben auf Pflanzenentwicklung und Bodenparameter im Vergleich zur Flachsaat

Ulrike Krause , Heinz-Josef Koch, Gero Schlinker* & Georg Sander**

Einleitung

Sinkende Produktpreise und Erlöse erfordern im Zuckerrübenanbau eine höhere Ausschöpfung des standortspezifischen Produktionspotentials. Hierzu könnte auch der Anbau von Zuckerrüben auf Dämmen beitragen. Nach Erfolg versprechenden Vergleichen von Damm- und Flachanbau auf Praxisflächen (Schlinker et al., 2007), wurden 2006 Parzellenversuche an zwei Standorten in der Region Uelzen angelegt, um folgende Hypothesen zu prüfen: 1. Dammanbau bewirkt eine schnellere Erwärmung des Saathorizonts und einen rascheren Feldaufgang; die verlängerte Vegetationsperiode erhöht den Ertrag gegenüber Flachanbau. 2. Eine günstigere Bodenstruktur im Damm fördert Durchwurzelung und N-Mineralisation; dadurch werden Nährstoffaneignungsvermögen und -verfügbarkeit erhöht; auch dies steigert den Ertrag. In diesem Beitrag werden vorrangig Ergebnisse vom Sandstandort Suderburg (Su2) vorgestellt.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde im nordöstlichen Niedersachsen an 2 Standorten (Suderburg Su2; Eppensen Ut2) als lat. Rechteck mit 4 Wdh. angelegt. Damm (D)- und Flachanbau (F) erfolgten als Mulchsaat mit Zwischenfrucht nach 12-15 cm tiefer Bodenbearbeitung mit Kurzscheibenegge oder Grubber unmittelbar vor der Aussaat. Dammformung (Zinkenrotor-Dammformwalze) und Aussaat (aufgesattelte Mulchsaatdrille, Reihenweite 50 cm) wurden in einem Arbeitsgang durchgeführt. Als zweiter Faktor wurde der Saattermin in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte in Variante F variiert (1. sehr feucht - 29.03.06; 2. feucht - 06.04.06; 3. abgetrocknet, ideal für F - 10.04.06). Zum jeweiligen Saattermin erfolgte die Aussaat in beiden Anbauverfahren. Alle anderen Maßnahmen der Bestandesführung wurden einheitlich ausgeführt. Bodentemperatur (PT 100, 5-10 cm tief) und -wassergehalt (TDR, 10-15 cm tief) wurden in einer Parzelle je Variante in 3- bis 5-facher Wdh. gemessen. In der Auflaufperiode wurde der Feldaufgang täglich gezählt. Zwischen 4-6 Blattstadium (Mitte Mai) und Mitte Oktober wurden 7 Zeiternten durchgeführt. N_{min}-Proben wurden wiederholt in Schichten von 15 oder 30 cm Mächtigkeit in und zwischen der Reihe gezogen. Der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) wurde aus Rübenertrag, Zuckergehalt und dem Gehalt an Melassebildnern nach der Braunschweiger Formel berechnet. Der Anteil beiniger Rüben wurden bei der Erndernte gezählt.

Ergebnisse und Diskussion

In den ersten Wochen nach der Aussaat wurden im Damm höhere Bodentemperaturen verbunden mit niedrigeren Bodenwassergehalten (nicht dargestellt) sowie ein beschleunigter Feldaufgang im Vergleich zum Flachanbau (Abb.1) gemessen. Höhere N_{min}-Werte wurden im Damm bis zum Reihenschluss gefunden (nicht dargestellt), höhere Pflanzenerträge durch frühe Aussaat und Dammanbau

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, D-37079 Göttingen
* ARGE NORD, Helene-Künne-Allee 5, D-38122 Braunschweig
** Nordzucker AG, Werk Uelzen, An der Zuckerfabrik 1, D-29525 Uelzen

traten zu den Zeiternten bis zum Reihenschluss auf (Abb. 2 oben). Bei der Endernte im Oktober ergab der Damm- einen höheren Ertrag als der Flachanbau. Demgegenüber beeinflusste der Saattermin den Ertrag nicht mehr (Abb. 2 unten). Der Anteil beiniger Rüben war bei Flachanbau erhöht (nicht dargestellt).

Abb. 1 (links):
Einfluss von Anbauverfahren (D, F) und Saattermin (1-3) auf den relativen Feldaufgang (Höchstwert der jeweiligen Variante = 100 %, Suderburg 2006)

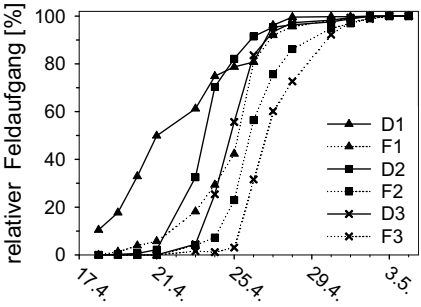
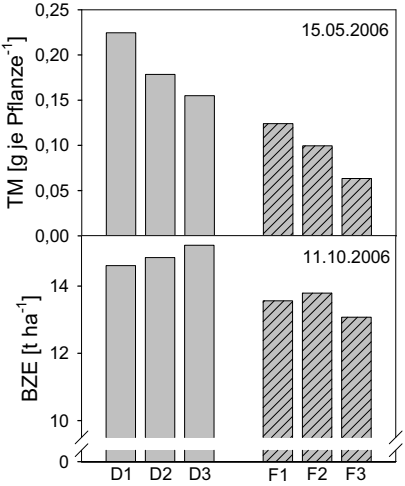


Abb. 2 (rechts):
Einfluss von Anbauverfahren (D, F) und Saattermin (1-3) auf den Ertrag zu zwei ausgewählten Ernteterminen (Suderburg 2006)



Die Ergebnisse des Standortes Suderburg mit früher Aussaat Ende März/Anfang April bestätigen die erwarteten Vorteile des Dammanbaus bezüglich einer schnelleren Bodenerwärmung und eines zügigeren Feldaufgangs. Ebenso förderte der Dammanbau die N-Mineralisation im Frühjahr. Mit einem 8-16 % höheren BZE ist der positive „Dammeffekt" deutlich. Offen bleibt, warum der ertragssteigernde Effekt der Saatzeitverfrühung, nicht jedoch der des Dammanbaus nach Reihenschluss abklang, obwohl beide Faktoren bei den Ernten im Mai den Ertrag in etwa gleichem Ausmaß förderten.
Am Standort Eppensen (Ut2) mit sehr später Aussaat Anfang Mai und nachfolgend trocken-warmer Witterung mit deutlich höheren Bodentemperaturen als in Suderburg führte der Dammanbau nicht zu Mehrerträgen. Offensichtlich wurden hier die Keim- und Auflaufbedingungen durch das Dammverfahren nicht begünstigt. Weitere Feldversuche werden 2007 durchgeführt.

Literatur

Schlinker, G.; K. Bürcky; M. Decker; H.-J. Koch; W. Kremer-Schillings und G. Sander 2007: Dammanbau von Zuckerrüben – Aktuelle Erfahrungen und Versuchsergebnisse aus Deutschland. Proceedings of the 70th IIRB congress: Marrakech 11.-13. April 2007

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 174–175 (2007)

Wirkung unterschiedlicher Zuckerrübenkonzentrationen auf Bodeneigenschaften und Ertrag einer Löß-Schwarzerde im mitteldeutschen Tockengebiet

Christian Peißker, Helge-Stephan Pentschew, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Fruchtfolgedauerversuche liefern wertvolle Ergebnisse über die Langzeitwirkungen auf Bodenfruchtbarkeitseigenschaften, den Krankheits- und Schädlingsbefall, die Ertragsentwicklung sowie die Qualität der Ernteprodukte. Umfangreiche Untersuchungen liegen zur Begrenzung von Ertragsausfällen bei konzentriertem Rübenanbau für das mitteldeutsche Löß-Trockengebiet vor (u.a. Klaus 1974, Fischer 1984, Liste et al. 1992). Die verstärkten Entwicklungen auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe haben in letzter Zeit das Interesse an Ergebnissen des Etzdorfer Zuckerrübenkonzentrationsversuches erneut gefördert.

Ziel der Untersuchungen war es deshalb, die Auswirkungen unterschiedlicher Rübenanteile in diesem Experiment auf physikalische und chemische Bodeneigenschaften, den Ertrag sowie die Rübenkörperqualität zu analysieren.

Material und Methoden

Mit dem Zuckerrübenkonzentrationsversuch wurde 1970 in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt/Etzdorf (134 m NN, langj. Jahresniederschlag 450 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,0 °C) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg begonnen. Bodentypologisch handelt es sich bei dem Standort um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 20 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2,1 M.-%) im Ap-Horizont. Im Verlaufe der Jahre wurden in einzelnen Fruchtfolgen situationsbedingt geringfügige Veränderungen vorgenommen. Die Fruchtarten des Versuches (Tab. 1) stehen jährlich nebeneinander. Zu Beginn der neunziger Jahre wurde durchgängig die Sorte Reka angebaut. Sie wurde später durch die Sorte Mosaik ersetzt. Die Düngungsmaßnahmen (Grunddüngung, organische Düngung) erfolgen einheitlich auf der Gesamtfläche. Differenzierungen auf den Versuchsteilflächen sind somit auf die unterschiedlichen Rübenanteile und den Einfluss der Komplementärfrüchte zurückzuführen.

Die bodenphysikalischen Untersuchungen und die Beprobungen (0-30 cm Bodentiefe) für die bodenchemischen Analysen wurden im Frühjahr 2006 (36. Versuchsjahr) unter Zuckerrüben vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die in verschiedenen Bodentiefen (8-14, 18-24, 32-38 cm) auf Stechzylinderbasis durchgeführten Bodenstrukturuntersuchungen (Trockenrohdichte, Grobporenvolumen, Luft- und Wasserleitfähigkeit) brachten keine wesentlichen Differenzierungen zwischen den Zuckerrübenanteilen in der Fruchtfolge. Die Werte lagen ausnahmslos in Optimalbereichen für das Pflanzenwachstum. Ähnliche positive Befunde waren auch bei den Makronährstoffen (P, K, Mg) und dem pH-Wert zu beobachten. Einzig der C_{org}- und C_{hwl}-Gehalt ließen eine geringfügige Abnahme bei den hohen Rübenkonzentrationen (75 %) und der ZR-Monokultur erkennen.

Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

Tab. 1: Körperertrag, Saccharosegehalt (°S) und Nematodenbefall in Abhängigkeit von Rübenanteil und Anbaupause (Mittel 1991-2006)

Frucht-folge-glied	Fruchtfolge	ZR-Anteil [%]	Anbau-pause [Jahre]	Körper-ertrag rel.[1)]	Saccha rosegeh. °S	Nemato-den[2)] E&L/100g B.
4.1	ZR-WW-Lu-Lu-WW	20	4	100	16.91	378
1.1	ZR-WW-Lu-WW	25	3	95	16.93	420
3.1	ZR-K-WW	33	2	92	16.88	645
6.1	ZR-WW-ZR-Lu-WW	40	2	93	17.02	605
6.3	ZR-Lu-WW-ZR-WW	40	1	90	17.14	734
2.1	ZR-ZR-WW-WW	50	2	92	16.98	601
2.2	ZR-WW-WW-ZR	50	0	72	16.72	832
5.1	ZR-ZR-ZR-WW	75	1	86	17.43	680
5.2	ZR-ZR-WW-ZR	75	0	76	16.92	897
5.3	ZR-WW-ZR-ZR	75	0	75	16.75	958
M1	ZR-Monokultur	100	0	77	17.12	840

[1)] Fruchtfolgeglied 4.1 - Körperertrag 640 dt/ha = rel.100; [2)] Mittel aus den Jahren 1991-2001, Eier & Larven je 100 g Boden

Die Körpererträge sind durch erhebliche jahresbedingte Schwankungen charakterisiert. In Übereinstimmung mit vorherigen Auswertungen treten signifikante Mindererträge auf, wenn die Rübenanteile in der Fruchtfolge über 25 % ansteigen. Mit steigender Rübenkonzentration vergrößern sich dabei die Ertragsausfälle. Zusätzlich wirken sich die Anbaupausen auf die Ertragshöhe aus. Bei mehreren Zuckerrübenfruchtfolgefeldern in der Rotation ist der Rüben- und Zuckerertrag umso geringer je enger der zeitliche Abstand der Rüben ist (Tab. 1).

Die Auswirkungen der Rübenkonzentration auf den Saccharosegehalt sind gering. Gleiches trifft auch auf den K-Gehalt zu. Abnehmende Anbaupausen und steigende Rübenanteile in der Fruchtfolge setzen den Gehalt an Amino-Stickstoff und Natrium im Rübenkörper zum Teil signifikant herab.

Nach mehr als 30 Versuchsjahren ist ein differenzierter Befall mit dem Rübenzystenälchen (*Heterodera schachtii*) zu beobachten, der durch die Rübenkonzentration bzw. Anbaupausen und nach Maihanparast et al. (1996) wesentlich durch das Auftreten von nematophagen Bodenpilzen beeinflusst wird. Die Besatzdichte mit *Heterodera schachtii* ist dabei in den einzelnen Jahren durch eine große Variabilität gekennzeichnet. Sie korreliert im Mittel des untersuchten Versuchszeitraumes positiv mit dem Zuckerrübenanteil in der Fruchtfolge. Bei Anbaupausen von weniger als 3 Jahren überschreitet die Besatzdichte den Wert von 500 Eier & Larven /100 g Boden. Die mit steigender Besatzdichte verbundene systematische Ertragsabnahme beruht dabei maßgeblich auf der Verminderung der mittleren Einzelpflanzenmasse.

Literatur

Fischer, W. 1984:Untersuchungen und Lösungsvorschläge zur Gestaltung von Zuckerrübenfruchtfolgen auf Löß-Standorten zur Sicherung eines hohen Ertragsniveaus. Halle, Univ., Landw. Fak., Diss.

Klaus, H. 1974: Untersuchungen über die Fruchtfolgewirkungen im Hinblick auf die Anbaukonzentrationen bei Zuckerrüben. Halle, Univ., Landw. Fak. Diss.

Liste, H.-J., A. Duda u. E. Kuntzsch 1992: Zuckerrüben und Getreide in der Fruchtfolge – Langjährige Feldversuche auf dem Löß-Schwarzerde-Standort Etzdorf. Kühn-Arch. 86 (2), S.25-38.

Maihanparast, L., S. Ross, W. Diepenbrock, E. Kuntzsch u. K. Franz 1996: Die Parasitierung von *Heterodera schachtii* Zysteninhalt (Zuckerrübenzystenälchen) durch Pilze und das Vorkommen nematophager Pilze in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Mitt. Dt. Phytomed. Ges., 26 (3), S. 28-29.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 176–177 (2007)

Wirkung eines Gummibandlaufwerkes bei unterschiedlicher Überrollhäufigkeit und Fahrgeschwindigkeit auf physikalische Bodeneigenschaften einer Löß-Schwarzerde

Matthias Knobloch, Hartmut Döll*, Jan Rücknagel, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Zur Bewirtschaftung großer Betriebseinheiten werden leistungsfähige Maschinen und Geräte eingesetzt. Damit ist ein Anstieg der Maschinenmasse und oft auch der potentiellen Schadverdichtungsgefährdung von landwirtschaftlich genutzten Standorten verbunden. Zur Verbesserung der Kraftübertragung und Vermeidung von schädlichen Bodenverdichtungen kommen in den letzten Jahren verstärkt Gleisbandtraktoren zum Einsatz. Über die detaillierten Wirkungen von Überrollhäufigkeit und Fahrgeschwindigkeit dieser Schlepper auf bodenphysikalische Eigenschaften liegen bisher nur vereinzelt Ergebnisse vor. Meist handelt es sich dabei um Messungen von Druckspannungen im schlupflosen Zustand.

Es war deshalb das Ziel vorliegender Arbeit, die Einflüsse genannter Faktoren auf relevante physikalische Bodenparameter unter Lastbedingungen zu untersuchen. Einen besonderen Schwerpunkt bildete dabei die Quantifizierung der Wirkungen von verschiedenen Gleisbandbereichen (Querverteilung der Bodenbelastung).

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einem Tschernosem (Subtyp Braunerde-Tschernosem, Bodenart schluffiger Lehm mit 22.2 M.-% Ton und 54.1 M.-% Schluff) des Lehr- und Versuchsgutes Görzig der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Zum Einsatz kam der Gleisbandtraktor Challenger 85 E (Masse 15.2 t, Motornennleistung 280 kW) der Fa. Claas in Kombination mit dem Saatbettbereitungsgerät Europak 9000 (Fa. BBG Leipzig). In die Untersuchungen wurden folgende Prüffaktoren bzw. Faktorstufen einbezogen: A Fahrgeschwindigkeit (1.8 und 3 m/s), B Überrollhäufigkeit (1, 2, 4x). Als Referenz diente der unbelastete Boden. Die aktuelle Bodenfeuchte lag im Oberboden (0-15 cm) bei 68 % der Feldkapazität und in der Unterkrume (15-30 cm) 81 % FK.

Die bodenphysikalischen Parameter Trockenrohdichte, Grobporenvolumen, Luft- und Wasserleitfähigkeit (Laboruntersuchungen an 250 cm³-Stechtylindern) wurden in 10-16, 18-24, 24-30 und 32-38 cm quer zur Fahrtrichtung unter verschiedenen Gleisbandbereichen (Rand- und Druckrollenbereich, Gleisbandmitte) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Druckverteilung in der Kontaktfläche am Beispiel des Gleisbandtraktors Challenger 65 (Abb. 1) widerspiegelt in typischer Weise die Tiefenwirkung unter den einzelnen Bereichen des Laufwerkes. Die Trockenrohdichte weist dabei hinsichtlich der Querverteilung unter dem Gleisband in der Oberkrume (0-20 cm) deutlich höhere Werte für den Druckrollenbereich und das Zentrum (zwischen den Druckrollen) als im Randbereich auf. In den größeren Bodentiefen gleichen sich die TRD-Werte infolge

Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)
* Projektgruppe Rad-Boden, Agrargenossenschaft Burkhardswalde e.G., Zum Kalkwerk 3, 017665 Burkhardswalde

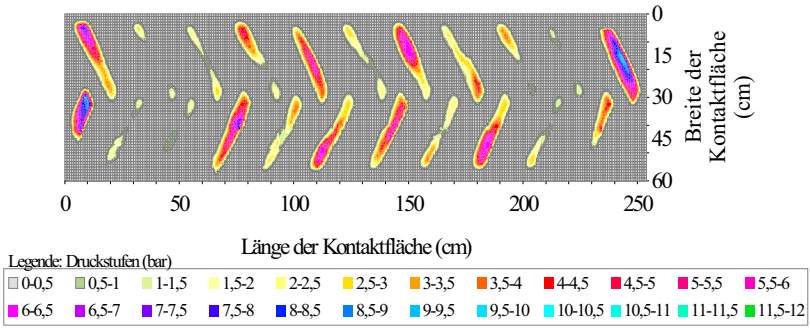


Abb. 1: Druckverteilung in der Kontaktfläche des Gleisbandschleppers Challenger 65 (16.000 kg, 28.300 cm²) nach Döll (unveröff. Material 2007)

der spezifischen Ausbreitung der Druckspannungen systematisch an. Unter den genannten Bedingungen führt bereits einmaliges Überrollen zu einem erheblichen Anstieg der Trockenrohdichte und des Durchdringungswiderstandes bzw. einer Abnahme des Grobporenvolumens und der gesättigten Wasserleitfähigkeit in der Oberkrume (10-16 cm). Weitere Überrollvorgänge führen zu keinem weiteren TRD-Anstieg in dieser Bodentiefe, wohl aber viermaliges Überrollen in 18-24 cm. Die TRD-Werte im Pflugsohlenbereich (24-30 cm) wurden durch die Überrollhäufigkeiten nicht verändert. Die auftretende Verformungsenergie wurde infolge der großen Bodenfeuchte in dieser Tiefe (81 % FK) offensichtlich in die Krumenbasis eingeleitet. Dort ergibt sich dann mit steigender Überrollhäufigkeit eine degressive Zunahme der Trockenrohdichte, die bei viermaliger Überrollung eine ähnliche Größenordnung wie in der Pflugsohle aufweist. Die höhere Fahrgeschwindigkeit fördert den Anstieg der TRD-Werte in der Oberkrume (10-16 cm). In diesem Tiefenbereich bestehen jedoch reale Möglichkeiten zur mechanischen Beseitigung von Verdichtungsschäden. In den übrigen Messtiefen treten zwischen den Fahrgeschwindigkeiten ansonsten keine nennenswerten bodenphysikalischen Differenzierungen auf.

Die Untersuchungen geben Hinweise auf die bodenverdichtende Wirkung von schweren Gleisbandschleppern. Dabei wurde unter geringen Eigenstabilitätsbedingungen (33-45 kPa) bereits bei einmaliger Überfahrt eine beachtliche TRD-Zunahme beobachtet.

Tab. 1: Trockenrohdichte in Abhängigkeit von der Überrollhäufigkeit (v_F 10-12 km/h)

Variante Überrollh.	TRD [g/cm³] in den Bodentiefen [cm]			
	10-16	18-24	24-30	32-38
unbefahren	1.37	1.34	1.45	1.35
1 x	1.46	1.39	1.46	1.39
2 x	1.45	1.39	1.47	1.43
4 x	1.48	1.44	1.46	1.43

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 178–179 (2007)

Wirkung unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung auf das Auftreten von Feldmäusen (*Microtus arvalis*) in einem Winterweizenbestand bei Massenvermehrung

Jan Rücknagel, Sandra Rücknagel & Olaf Christen

Einleitung

In Teilen Mitteldeutschlands treten in regelmäßigem Turnus Massenvermehrungen der Feldmaus *Microtus arvalis* auf. Während dieser Phasen sind vor allem die Herbstsaaten durch den Schadfraß der Mäuse betroffen. Der Einsatz von Rodentiziden ist als alleinige Maßnahme zur Schadensabwehr wegen der Gefahr einer Köderscheu (Bäumler, 1992) oft nicht ausreichend. Über die Wirkung ackerbaulicher Maßnahmen liegen bisher jedoch keine befriedigenden Erkenntnisse vor. Ziel dieser Untersuchung ist es, den Einfluss differenzierter Grundbodenbearbeitung auf das Auftreten der Feldmäuse zu quantifizieren.

Material und Methoden

Während einer Massenvermehrung im Herbst 2005 wurde auf einem Praxisschlag nahe Weimar (anzubauende Fruchtart und Vorfrucht Winterweizen) ein großflächiger Bodenbearbeitungsversuch angelegt. Die südlich exponierte Fläche wurde dazu in drei Parzellen (Größe je ~2 ha) mit den Varianten: Pflug (20-25 cm), Grubber (20-25 cm) und Grubber (< 8 cm) unterteilt. Eine Wiederholung erfolgte nicht. Die Nachbarkulturen (Winterweizen und Winterraps) waren für alle Varianten gleich.
Zur Beurteilung des Mäuseauftretens wurden die Bauten/ha und die Anzahl der Mäuselöcher je Bau erfasst. Es erfolgte vor der differenzierten Bodenbearbeitung eine GPS unterstützte Bonitur der Bauten, um die gleichmäßige Verteilung des Mäusebefalls zu überprüfen. Die Bonituren nach Anlage der Bodenbearbeitungsvarianten erfolgten ohne GPS Aufzeichnung.

Ergebnisse und Diskussion

Mit ~120 Bauten/ha und ~50 Mauselöchern/Bau lag vor Durchführung der Grundbodenbearbeitung ein ausgesprochen hoher Mäusebesatz vor. Alle Bearbeitungsvarianten führten zu einer Reduzierung der Anzahl bewohnter Bauten/ha in der Reihenfolge Pflug (20-25 cm) > Grubber (20-25 cm) > Grubber (< 8 cm) gegenüber dem Ausgangszustand vor der Bearbeitung zu beiden Boniturterminen im Herbst 2005 (Abb. 1). Auch die Anzahl der Mauselöcher je Bau als Indikator für die Schadaktivität der Mäuse konnte zum ersten Boniturtermin reduziert werden (Abb. 2). Im Spätherbst erreichte die Anzahl Löcher je Bau in den pfluglos bearbeiteten Varianten jedoch nahezu den Ausgangszustand. Auch in der gepflügten Variante nahm die Anzahl Löcher je Bau zum letzten Termin zu, erreichte aber nur die Hälfte des Ausgangszustandes. Nach einem feucht-kühlen Winter konnte im Frühjahr 2006 keine Aktivität der Mäuse mehr beobachtet werden.
Der Versuch zeigt insgesamt, dass bei pfluglosen Bearbeitungsverfahren mit zunehmender Bearbeitungstiefe durch die weitgehende Zerstörung der Ganganlage und der bis etwa in 30 cm Tiefe liegenden Nestkammer (Leicht, 1979) eine teilweise Reduzierung des Mäusebefalls möglich ist. Diese ist bei ausgeprägter Massen-vermehrung zur Schadensabwehr allein jedoch nicht ausreichend, weil ein hoher Anteil

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle (Saale)

oberflächennah eingearbeiteter Ernterückstände die Wiederbesiedlung begünstigt. Dagegen führt die Bearbeitung mit dem Pflug durch die Kombination von tiefem Bodeneingriff und das Vergraben der Ernterückstände zu einer ausreichenden Herabsetzung der Population.

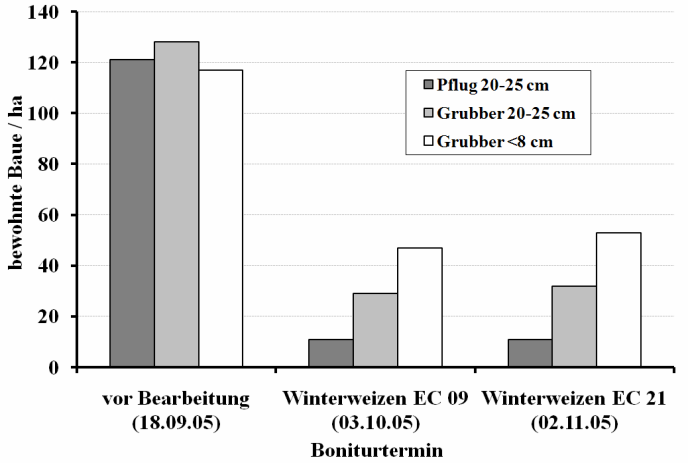


Abb.1: Bewohnte Baue je ha der Feldmaus *Microtus arvalis* bei unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung

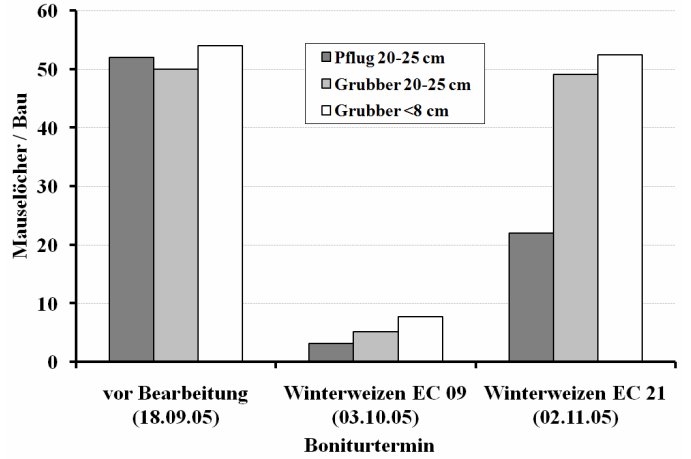


Abb. 2: Anzahl der Feldmauslöcher je Bau bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Literatur

Bäumler, W. (1992): Köderscheu bei Wühlmäusen (Microtinae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 65. 65-67.

Leicht, W. (1979): Tiere der offenen Kulturlandschaft. Teil 2: Feldhamster, Feldmaus. Heidelberg: Verlag Quelle und Meyer.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 180–181 (2007)

Biologische Bodeneigenschaften in integrierten und ökologischen Anbausystemen auf Löß-Schwarzerde im mitteldeutschen Trockengebiet

Alexandra Boritzky, Sabine Tischer, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist für die nachhaltige Landnutzung ausschlaggebend. Eine besondere Bedeutung besitzen dabei die bodenbiologischen Eigenschaften. Vergleichende Untersuchungen zur Modifikation der Lumbricidenpopulation und von mikrobiologischen Parametern unter differenzierten Anbausystemen bei integrierter und ökologischer Bewirtschaftung liegen nur vereinzelt vor.

Ziel war es deshalb, wesentliche bodenbiologische Parameter bei unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen nach Ablauf der ersten Fruchtfolgerotation zu ermitteln, die zugleich als Vergleichsbasis für kontinuierliche Messreihen dienen können.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im „Ökoversuch“ in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Martin-Luther-Universität (Normtschernosem, Bodenart stark toniger Schluff) durchgeführt, der im Jahr 1998 angelegt wurde. In die Auswertungen wurden die Prüfglieder mit integrierter und ökologischer Bewirtschaftung bei konventioneller (Scharpflug) und konservierender Bodenbearbeitung sowie die Varianten mit und ohne Viehhaltung einbezogen. Die Probenahme erfolgte im Frühjahr 2006 unter Winterweizen. Ergänzt wurden diese Befunde durch Lumbricidenuntersuchungen aus dem Folgejahr unter Wintergerste.

Ergebnisse und Diskussion

In den untersuchten Versuchsparzellen zeigten die ökologisch bewirtschafteten Varianten gegenüber den integrierten Anbausystemen nur bei den Lumbriciden eine höhere Abundanz und teilweise höhere Biomasse (Abb. 1).

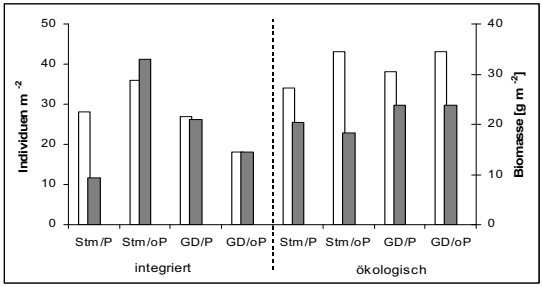


Abb. 1: Lumbricidenabundanz und -biomasse bei unterschiedlichen Anbausystemen (Stm=Stallmist, P=Pflug; oP=ohne Pflug; GD=Grün- und Strohdüngung)

Dagegen weisen sowohl die C_t-Gehalte als auch die mikrobiellen Aktivitäten bei der

Professur Bodenbiologie und Bodenökologie und
* Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

integrierten Variante mit strukturschonender Bodenbear-beitung (Stm/oP) die höchsten Werte auf (Tab. 1). Es sind enge Korrelationen zwischen den C_t-Gehalten und der mikrobiellen Biomasse (r^2=0,70) sowie den Enzymaktivitäten Katalase (r^2=0,80) und alkalische Phosphatase (r^2=0,73) festzustellen.

Tab. 1: Bodenmikrobiologische Aktivitäten bei unterschiedlichen Anbausystemen und Bodentiefen (1 = 0-10; 2 = 10-20; 3 = 20-30 cm)

Parameter		integriert				ökologisch			
		Stm/P	Stm/oP	GD/P	GD/oP	Stm/P	Stm/oP	GD/P	GD/oP
C_t	1	2,13	2,47	2,0	2,08	1,98	1,99	1,86	1,90
(%)	2	2,17	2,0	1,95	1,93	1,97	1,93	1,89	1,87
	3	1,74	1,64	1,62	1,62	1,63	1,73	1,62	1,75
N_t	1	0,16	0,20	0,15	0,16	0,15	0,15	0,13	0,14
(%)	2	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14
	3	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12
Mikrobielle	1	338,0	538,9	421,0	497,5	374,7	371,2	334,9	414,8
Biomasse	2	309,3	233,6	261,2	213,3	379,9	270,7	315,8	268,6
(µg g^{-1} TS)	3	147,6	124,0	123,1	142,7	168,8	145,2	162,8	175,1
Metabolischer	1	4,65	4,32	5,53	4,98	6,19	5,67	7,31	6,0
Quotient	2	5,87	7,24	7,26	8,25	6,29	6,64	7,35	7,39
µgC mg C^{-1} g^{-1} h^{-1}	3	9,55	13,93	13,83	9,11	10,11	13,18	11,28	11,34
Katalasezahl	1	13,6	23,0	12,4	18,6	12,7	13,1	7,5	9,5
	2	11,1	6,5	7,4	7,1	8,8	8,3	5,6	7,2
	3	4,2	2,6	3,7	4,1	4,6	2,9	2,2	3,3
Alkal. Phospha-	1	114,8	253,6	144,1	181,8	68,3	62,6	29,6	65,4
tase	2	94,0	74,2	101,3	93,3	96,9	38,8	38,6	29,0
(µg Phenol g^{-1} 3 h^{-1})	3	38,8	31,3	37,7	35,9	15,1	3,5	0	22,6
Arylsulfatase	1	85,5	112,4	93,9	105,3	85,8	82,8	59,8	82,5
(µg Phenol g^{-1} h^{-1})	2	83,5	76,7	85,2	106,1	96,0	75,8	68,4	61,7
	3	89,0	61,7	85,6	79,5	69,2	58,5	61,8	64,1
Arginin-Ammon.	1	2,14	2,54	1,93	1,42	1,17	1,42	2,15	1,84
(µg N g^{-1} h^{-1})	2	1,59	1,03	1,31	0,74	1,33	1,01	2,04	1,48
	3	0,97	0,73	0,71	0,54	0,72	0,52	1,03	1,16

Da in ökologisch bewirtschafteten Böden die Nährstoffe weniger in gelöster Form vorliegen, tragen mikrobielle Umsetzungsprozesse verstärkt zur Pflanzenernährung bei (Mäder et al., 2002). Mit zunehmender Versuchsdauer sollten sich bei den ökologischen Varianten im Vergleich zu den integrierten sowohl der Humusgehalt als auch die mikrobiellen Aktivitäten erhöhen, weil unter ökologischer Bewirtschaftung nach Mäder et al. (2002) die Bodenmikroorganismen weniger Energie für ihren Erhaltungsbedarf benötigen. Dies trifft noch nicht für den vorgestellten Versuch zu. Der metabolische Quotient (Basalatmung/mikrobielle Biomasse) ist bei allen ökologischen Varianten höher als bei den integrierten. Oberson et al. (1996) berichten ebenfalls von höheren Atmungsraten bei ökologischen Varianten und begründen die höhere Mineralisierungsrate mit einer nötigen höheren Nährstofffreisetzung. Alle untersuchten Varianten des Bad Lauchstädter Ökoversuches wiesen bereits nach drei Jahren einen positiven Humussaldo auf (Reinecke et al., 2001). Die ermittelte C-Anreicherung im Jahr 2006 entspricht den Humussalden und Erträgen des Jahres 2000.

Literatur

Mäder, P. u.a. (2002): Science 296, 1694-1697.
Oberson, A. u.a. (1996): Biol. Fertil. Soils 21, 138-148.
Reinecke, F. u.a. (2001): Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 13, 186-187.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 182–183 (2007)

Effekte viehloser Öko-Bewirtschaftung in Kombination mit differenzierter Intensität der Grundbodenbearbeitung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen in einem Langzeitversuch

Franz Schulz & Günter Leithold*

Einleitung

Nach Schmidt (2004) gewinnen auch im Öko-Landbau spezialisierte Marktfruchtbetriebe ohne Tierhaltung an Bedeutung. Über die langfristigen Folgen einer solchen Bewirtschaftung auf die Flächenproduktivität, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit existieren bisher nur wenige Erkenntnisse. An dieser Stelle wird vorrangig über Effekte unterschiedlicher Fruchtfolgen auf Ertrag und Qualität von Winterweizen berichtet. Die Fruchtfolgen symbolisieren verschiedene Betriebstypen.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich in Villmar an der Lahn (Hessen) auf 170 m ü. NN (mittlere Lufttemperatur: 9,5 °C; mittlerer Jahresniederschlag: 649 mm; Bodentyp: Pararenzina bis erodierte Parabraunerde; Bodenart: Lu bis Ul; Ackerzahl: 66). Der zweifaktorielle Versuch wurde 1998 als Spaltanlage mit dem Großparzellenfaktor Fruchtfolge und dem Kleinparzellenfaktor Bodenbearbeitung in vierfacher Wiederholung angelegt (Fruchtfolgegestaltung: Tab. 1).

Tab. 1: Gestaltung der drei Fruchtfolgen a_1 bis a_3 von 1998 bis 2006

Fruchtfolge-feld	Jahr	a_1 (mit Viehhaltung)	a_2 (viehlos)	a_3 (viehlos)
1	**1998**	Luzernegras	Wechselweizen	Wechselweizen
2	**1999**	Luzernegras	Grünbrache	Ackerbohnen
3	**2000**	**Winterweizen**	**Winterweizen**	**Winterweizen**
4	**2001**	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln
5	**2002**	Hafer-Erbsen-GPS	Erbsen	Erbsen
6	**2003**	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
1	**2004**	Luzernegras	Hafer	Hafer
2	**2005**	Luzernegras	Grünbrache	Ackerbohnen
3	**2006**	**Winterweizen**	**Winterweizen**	**Winterweizen**

Die verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten wurden wie folgt gewählt:

- b_1: krumentiefe Bearbeitung mit Pflug
- b_2: Zweischichtenpflug (Lockerung bis 30 cm, Wendung bis 15 cm Tiefe)
- b_3: - bis 2003: wie b_2 bei Verzicht auf eine Winterfurche vor Sommerungen
  - ab 2003: max. Bearbeitungstiefe 15 cm mit verschiedenen Geräten
- b_4: Flügelschargrubber+Zinkenrotor (Lockerung bis 30 cm, Mischung bis 15 cm).

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Kornerträge von Winterweizen lagen in den beiden Anbaujahren auf etwa gleichem Niveau (Erntejahr 2000 während des ersten Fruchtfolgeumlaufs: 42,6 dt ha^{-1}; Erntejahr 2006 während des zweiten Fruchtfolgeumlaufes: 41,3 dt ha^{-1}). Im ersten Erntejahr von Winterweizen (2000) wurden die höchsten Kornerträge in den

Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Gießen, Gladbacherhof, 65606 Villmar
* Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21C, 35394 Gießen

Fruchtfolgen mit Leguminosengrasgemengen als Vorfrucht realisiert (a_1: zweijähriges Luzernegras zur Futternutzung; a_2: einjähriges Luzernegras als Grünbrache). Die geringsten Erträge wurden nach der Vorfrucht Ackerbohnen erzielt (a_3). Im zweiten Erntejahr von Winterweizen (2006) wurden die höchsten Erträge bei Grünbrachevorfrucht (a_2) gemessen. Die hohen Weizenerträge nach Luzernegrasvorfrucht (a_1) in der ersten Rotation konnten in 2006 aufgrund geringer Erträge von Luzernegras in 2004 und 2005 und somit einer geringeren Vorfruchtwirkung nicht bestätigt werden.
Die Überlegenheit des gemulchten Kleegrases in Fruchtfolge a_2 gegenüber den anderen Fruchtfolgen spiegelt sich auch in den Qualitätsparametern von Winterweizen der Ernte 2006 wider. Nach Grünbrache mit Kleegras (a_2) wurden demnach die höchsten Gehalte an Rohprotein und Feuchtkleber sowie das höchste Hektolitergewicht beobachtet. Der Winterweizen in a_3 (a_3 steht für einen reinen Marktfruchtbetrieb ohne Nutztierhaltung und ohne begrünte Rotationsbrache) zeigte in allen Jahren die geringsten Erträge und ungünstigsten Qualitätsmerkmale.
Bis zur Mitte des zweiten Fruchtfolgeumlaufs 2006 waren demzufolge noch keine Langzeiteffekte unterschiedlicher Betriebstypen (a_1 Gemischtbetrieb; a_2 und a_3 Marktfruchtbetriebe jeweils ohne und mit Rotationsbrache) auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen zu erkennen, sondern es dominieren noch die kurzfristig wirksamen Vorfruchteffekte. Es ist jedoch abzusehen, dass zukünftig die Wirkung des Betriebstypes stärker in Erscheinung treten wird. Dafür spricht eine bereits zu beobachtende Abnahme der Gesamtstickstoffgehalte N_t in der Ackerkrume von a_1 über a_2 zu a_3 als Resultat einer langfristigen Unterversorgung mit Stickstoff bei viehloser Wirtschaftsweise gegenüber dem modellierten Gemischtbetrieb. Die Gesamtkohlenstoffgehalte der Ackerkrume zeigen bislang noch keine signifikante Veränderung. Somit deutet sich eine Erweiterung des C/N-Verhältnisses im Boden bei viehloser Wirtschaftsweise im Vergleich zum viehhaltenden System als Zeichen einer abnehmenden Nachhaltigkeit ab. Welches Ausmaß diese Veränderungen annehmen werden und welche Konsequenzen sich damit für die Ertragsbildung sowie für weitere fruchtbarkeitsbestimmende Bodeneigenschaften ergeben, soll bis zum Ende des dritten Fruchtfolgeumlaufs in 2015 beobachtet werden.
Die in Kombination mit der Fruchtfolge geprüfte Bodenbearbeitung zeigt nur in der Variante ohne Pfluganwendung (b_4) niedrigere Weizenerträge. Die Qualitätsparameter des Winterweizens wurden nicht signifikant verändert. Die bisherigen Ergebnisse einer 9-jährigen unterschiedlichen Intensität der Bodenbearbeitung zeigen bereits jetzt, dass eine reduzierte Eingriffsintensität in den Boden offensichtlich nicht zu Lasten der Ertragsbildung geht. Auch dies soll weiter verfolgt werden. Ggf. lassen sich auf diese Weise Nachteile hinsichtlich der Humusreproduktion infolge einer Bodennutzung ohne Nutztierhaltung teilweise kompensieren. Ein genereller Pflugverzicht scheint jedoch nicht empfehlenswert. Über nähere Einzelheiten zu den Resultaten des Versuches aus dem 1. Fruchtfolgeumlauf 1998 – 2003 wurde bereits berichtet (SCHMIDT et al., 2006).

Literatur

SCHMIDT, H. (2004): (Hrsg.): Viehloser Öko-Ackerbau. Beiträge, Beispiele, Kommentare. Bundesprogramm Ökologischer Landbau 2004. Verlag Dr. Köster, Berlin; ISBN 3-89574-512-X

SCHMIDT, H., F. SCHULZ and G. LEITHOLD (2006): Organic farming trial Gladbacherhof. Effects of different crop rotations and tillage systems. In: RAUPP, J., C. PEKRUN, M. OLTMANNS and U. KÖPKE (ed.): Long-term field experiments in organic farming. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), Scientific Series, Verlag Dr. Köster Berlin, ISBN 3-89574-590-1, pp. 165-182

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 184–185 (2007)

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Kraftstoffverbrauch im semiariden Produktionsgebiet

Tibor Szalay, Helmut Wagentristl, Gerhard Moitzi, Helmut Weingartmann* & Peter Liebhard

Einleitung

Die Bodenbearbeitung entwickelte sich in den letzten Jahren in Richtung höhere Flächenleistungen und Kostenminderung. Aufgrund der begrenzten fossilen Energieressourcen kommt einer Kraftstoff-Verbrauchsverminderung auch in der Landwirtschaft eine wachsende Bedeutung zu. Praxisübliche Bodenbewirtschaftungssysteme sind z. T. sehr energieintensiv und stellen einen hohen Kostenfaktor dar. Aufgrund neuer Erkenntnissen wurden Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung unterschiedlichen pflanzenbaulichen und bodenschützenden Erfordernissen angepasst. An der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß-Enzersdorf wurde 1996 ein Langzeitversuch mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen angelegt. Neben bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Parametern werden auch die Energieaufwendungen untersucht.

Material und Methoden

Der Versuch wurde als Spaltenanlage mit fünf Großteilstücken (Bodenbearbeitungssysteme) und je zwei Kleinteilstücken (Fruchtfolgen) in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Parzellengröße beträgt in der ersten Wiederholung jeweils 1.440 m² (60 m x 24 m) und in den restlichen drei Wiederholungen jeweils 960 m² (40 m x 24 m). Die Großparzellen ermöglichen die Bewirtschaftung mit praxisüblicher Bodenbearbeitungstechnik. Die Arbeitsbreiten betragen 3 m, nur beim Pflug beträgt sie 1,60 m.

Tab. 1: Bodenbearbeitungssysteme, eingesetzte Geräte und deren Arbeitstiefe in cm

	Lockerboden-wirtschaft	Direktsaat	Lockerboden-Mulchwirtschaft*	Festboden-Mulchwirtschaft	Integr. Bodenbe-arbeitungssystem*
Pflug	25	-	-	-	25
Kreiselegge	5	-	-	-	5
Tiefenlockerer	-	-	35	-	-
Grubber tief	-	-	20	-	20
Grubber flach	-	-	-	10	-
Sämaschine	4	4	4	4	4
Grubber (Stop.sturz)	5	-	5	5	5

*Pflug und Kreiselegge bzw. Tiefenlockerer werden nur jedes vierte Jahr eingesetzt (- viergliedrige Fruchtfolge)

Zur volumenstrombasierten Kraftstoffmessung wurde ein Durchflussmessgerät (PLU 116 H) in die Kraftstoffanlage des Versuchstraktors Steyr 9125a (92 kW) integriert. Zusätzlich wurden auch die Signale eines Radarsensors (tatsächliche Fahrgeschwindigkeit) und eines induktiven Getriebesensors (theoretische Fahrgeschwindigkeit) mit einem Datalogger (Squirrel 2020) sekundlich aufgezeichnet. Die kontinuierliche Messung der Bearbeitungstiefe erfolgte mit einem Ultraschallsensor, dessen Signal ebenfalls mit einer Scanrate von einem Hertz abgespeichert wurde. Der Kraftstoffverbrauch [l/ha] wurde für die Hauptzeit (d. h. ohne Berücksichtigung der

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

* Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur Wien, Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien

Wendezeit) aus den Faktoren Kraftstoffverbrauch [l/h] und Arbeitszeitaufwand [h/ha] berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildung 1 zeigt den Gesamtkraftstoffverbrauch bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen und der Saat. Die Düngungs-, Pflanzenschutz- oder Erntemaßnahmen wurden nicht berücksichtigt, da diese bei allen Bodenbearbeitungssystemen gleich waren. Beim integrierten Bodenbearbeitungssystem wurden der Pflug und die Kreiselegge jedes vierte Jahr eingesetzt, daher wurde der Kraftstoffverbrauch aliquot berücksichtigt, d. h. ein Viertel des Kraftstoffverbrauchs von Pflug und Kreiselegge und drei Viertel vom Kraftstoffverbrauch Grubber tief. Bei der Lockerboden-Mulchwirtschaft wird ein Viertel des Kraftstoffverbrauchs des Tiefenlockerers dazugerechnet, da dieser alle vier Jahre zusätzlich eingesetzt wird.

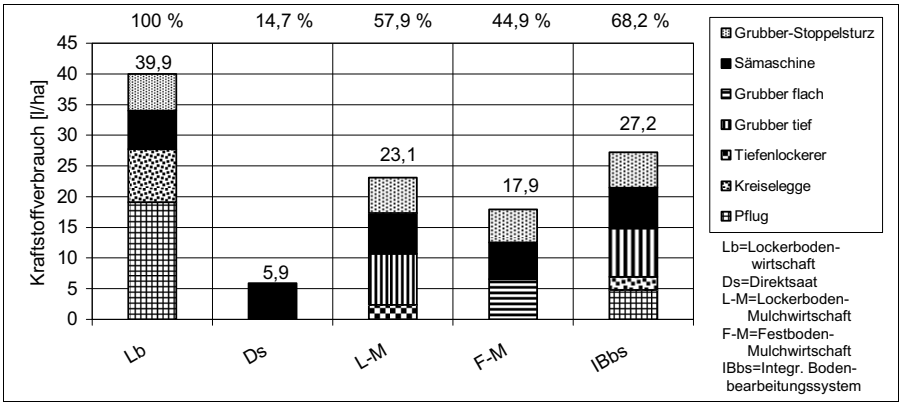


Abb. 1: Kraftstoffverbrauch [l/ha] bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen für Bodenbearbeitung, Saat und Stoppelsturz bei Winterweizen

Die unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme ergaben einen verschieden hohen Kraftstoffverbrauch, der auf die Bearbeitungsintensität und Bearbeitungstiefe zurückzuführen ist. Je nach Bodenart nimmt der Kraftstoffbedarf pro Zentimeter Arbeitstiefe beim Pflügen zwischen 0,5 und 1,5 l/ha zu (Moitzi et al. 2006).
Die angeführten Ergebnisse zeigen, dass die Wahl des Bodenbearbeitungssystems einen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch hat. Von Bedeutung sind Bearbeitungstiefe und Anzahl der durchgeführten Arbeitsgänge. Mit zunehmender Bearbeitungsintensität und Arbeitstiefe steigt der Kraftstoffbedarf an. Hohe Ernterückstandsmengen erschwerten das Einhalten der vorgegebenen Arbeitstiefe bei der Direktsaat und den Mulchsaatsystemen. Am kraftstoffsparsamsten ist die Direktsaatvariante. Mögliche Folgen sind aber Probleme mit Ernterückständen beim Anbau, mit mehrjährigen Unkräutern und Gräsern oder verminderter Ertrag.

Literatur

Moitzi, G., H. Weingartmann & J. Boxberger 2006: Effects of tillage systems and wheel slip on fuel consumption. In: Energy efficiency and Agricultural Engineering. Proceedings of the Union of scientists; Rousse, Bulgaria, 7-9 June

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 186–187 (2007)

Einfluss der Bodenbearbeitung auf die CO_2-Bilanz von Winterraps und Winterweizen

Philipp Grohmann & Roland Hoffmann-Bahnsen*

Einleitung

Der Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen dient in zunehmendem Maße der Bereitstellung von Energie oder industriellen Rohstoffen. Inwieweit der Anbau von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu einer ressourcenschonenden und umweltverträglichen Kreislaufwirtschaft beiträgt, hängt primär von den Bewirtschaftungsszenarien (Form, Intensität) ab. Inwieweit die Bodenbearbeitung auf die CO_2-Bilanz eines Anbausystems Einfluss nehmen kann, soll im Folgenden gezeigt werden.

Material und Methoden

Zum Vergleich der Anbauverfahren wurden die Daten der KTBL (2004) für standardisierte Produktionsverfahren herangezogen. Die CO_2-Bilanzierung wird an die von HÜLSBERGEN et al. (2001) beschriebene Methodik zur Energiebilanzierung nach den Grundsätzen der Prozess-Analyse durchgeführt. Hierbei werden die CO_2-Emissionen aller Betriebsmittel aufgelistet und aufsummiert. Die CO_2-Emissionen beschreiben sowohl die bei der Verbrennung der Kraft- und Brennstoffe entstehenden CO_2-Emissionen als auch die von der Vorleistungsindustrie erzeugten CO_2-Emissionen zur Herstellung der Betriebsmittel. Den CO_2-Emissionen wird die CO_2-Bindung gegenüber gestellt. Sie errechnet sich aus dem Kohlenstoffgehalt des Erntegutes und dem stöchiometrischen Verhältnis von Kohlenstoff und Kohlenstoffdioxid. Als Differenz von CO_2-Bindung und CO_2-Emissionen lässt sich der CO_2-Gewinn berechnen, der zur ökonomischen Bewertung eines Anbausystems verwendet werden kann. Zur ökologischen Bewertung lassen sich ferner CO_2-Emissionsintensität und CO_2-Bindung/Emissionen-Verhältnis berechnen. Die CO_2-emissionsintensität beschreibt die CO_2-Emissionen je erzeugter Produkteinheit. Zum Vergleich verschiedener Kulturarten werden dazu Getreideeinheiten (GE) verwendet. Das CO_2-Bindung/Emissionen-Verhältnis ist der Quotient aus CO_2-Bindung und CO_2-Emissionen. Es wird verglichen, wie sich die drei Formen der Bodenbearbeitung wendend, nicht wendend und Direktsaat auf die CO_2-Bilanz von Winterraps und Winterweizen auswirken. Bei diesen Berechnungen wird von sonst gleichen Bedingungen ausgegangen. Bis auf eine zusätzliche Herbizidmaßnahme bei der Direktsaat sind alle Teilarbeitschritte der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten gleich.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, verringern sich die CO_2-Emissionen bei beiden Kulturarten von der wendenden Bodenbearbeitung über die nicht wendende Bodenbearbeitung zur Direktsaat um bis zu 15%,zunächst bei der Annahme, dass die Bodenbearbeitungsform keinen Einfluss auf den Ertrag hat.

Agrochemisches Institut Piesteritz e.V., c/o MLU Halle-Wittenberg, 06099 Halle
* Professur Spezieller Pflanzenbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle

Tab. 1: CO_2-Emissionen (kg CO_2 ha^{-1}), CO_2-Bindung (t CO_2 ha^{-1}), CO_2-Gewinn (t CO_2 ha^{-1}) CO_2-Emissionsintensität (kg CO_2 GE^{-1}) und Bindung/Emissionen-Verhältnis der einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten bei Winterraps und Winterweizen bei gleichem Ertrag

	CO_2-Emissionen	**CO_2-Bindung**	**CO_2-Gewinn**	**CO_2-Emissions-intensität**	**B/E-Verhältnis**
	kg CO_2 ha^{-1}	kg CO_2 ha^{-1}	kg CO_2 ha^{-1}	kg CO_2 GE^{-1}	
Raps - wendend	995,13	9066,33	8071,20	8,99	9,11
Raps - n. wendend	925,89	9066,33	8140,44	8,36	9,79
Raps - Direktsaat	850,95	9066,33	8215,38	7,69	10,65
Weizen - wendend	947,31	9607,92	8660,61	12,65	10,14
Weizen - n. wendend	910,21	9607,92	8697,71	12,15	10,56
Weizen - Direktsaat	831,68	9607,92	8776,24	11,10	11,55

Dies ergibt sich durch den Wegfall von Teilarbeitsgängen bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung bzw. Direktsaat. Da der Ertrag in den drei Bodenbearbeitungsvarianten gleich ist, bleibt auch die CO_2-Bindung in den drei Varianten der beiden Kulturarten gleich. So ist in diesem Fall der CO_2-Gewinn unmittelbar von den CO_2-Emissionen ableitbar und steigt um die Menge an CO_2, die bei den CO_2-Emissionen geringer wird. Die CO_2-Emissionsintensität und das CO_2-Bindung/Emissionen-Verhältnis verhalten sich hier ähnlich dem CO_2-Gewinn und verändern sich in beiden Kulturarten zu Gunsten der Direktsaat. Da hier davon ausgegangen wird, dass der Ertrag in allen drei Bearbeitungsvarianten unter sonst gleichen Bedingungen gleich bleibt, ist zu überlegen, ob das auf allen Standorten und den dort gegebenen Umwelteinflüssen zu realisieren ist. Fällt der Ertrag bei der Direktsaat nur um 1dt ha^{-1} so ist in beiden Kulturarten der höhere CO_2-Gewinn schon aufgebraucht. Betrachtet man jedoch die je erzeugter Getreideeinheit verursachten CO_2-Emissionen, so kann der Ertrag von Winterweizen bei Direktsaat 9 dt ha^{-1} geringer ausfallen, um auf eine CO_2-Emissionsintensität von 12,65 kg CO_2 GE^{-1} zu gelangen. Beim Winterraps kann der Ertrag 7 dt ha^{-1} kleiner sein, um bei Direktsaat und wendender Bodenbearbeitung die gleiche CO_2-Emissionsintensität von 8,99 kg CO_2 GE^{-1} zu erreichen. Es zeigt sich, dass die CO_2-Emissions-Intensität einen brauchbaren Indikator für die Bewertung im Rahmen der CO_2- Bilanzierung von Anbau- und Bodenbearbeitungsverfahren darstellt. Standort, Fruchtfolge und der erzielte Kornertrag haben hier einen signifikanten Einfluss.

Literatur

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL), 2004: Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005, Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 19. Auflage. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

HÜLSBERGEN, K.-J., B. FEIL, S. BIERMANN, G.-W. RATHKE, W.-D. KALK, W. DIEPENBROCK, 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.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 188–189 (2007)

Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen des Getreideanbaus – Fallstudie auf mehreren Standorten Mittel- und Ostdeutschlands

Stephan Deike, Björn Küstermann*, Bernhard Pallutt**, Olaf Christen & Sven Böse***

Einleitung

Ziel der Untersuchungen waren quantitative Aussagen zu den Leistungen verschiedener Getreidearten und eine Analyse aus der Produktion resultierender Umweltwirkungen. Die Studie stützt sich auf die Auswertung von 21 Praxisbetrieben in den Regionen Altmark (Sachsen-Anhalt) und Spreewald (Brandenburg) sowie einem Feldversuch am Standort Dahnsdorf (Fläming/Brandenburg). Alle drei Standorte liegen in typischen Roggenanbaugebieten. Gegenübergestellt wurden jeweils Winterroggen, Winterweizen und Wintergerste.

Die Auswertung der Daten aus den Feldversuchen und den Praxisbetrieben erfolgte mit dem Betriebs- und Umweltmanagementsystem REPRO (Hülsbergen, 2003). Untersucht wurden folgende Leistungen und Umweltwirkungsbereiche: Erträge, Stickstoffhaushalt, Energieeffizienz, Klimarelevanz und Intensität des chemischen Pflanzenschutzes.

Material und Methoden

Sowohl Fläming als auch Spreewald und Altmark sind durch eine niedrige bis mittlere Bodengüte gekennzeichnet. Vorherrschend sind sandige Lehme bis lehmige Sandböden. Die Bodenwertzahlen der untersuchten Standorte variieren aufgrund der vorherrschenden Bodenheterogenität sehr stark. Im Mittel liegen diese zwischen 35 und 45, können aber klein- und großräumig auf 20 sinken (Spreewald) bzw. auf bis zu 60 ansteigen (Altmark). Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,5-9 °C, die mittlere Niederschlagsmenge beträgt 500-530 mm pro Jahr. Häufig tritt eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit auf. Die Fruchtfolge im ausgewählten Futterbausystem der Feldversuche in Dahnsdorf bestand aus: Winterraps – Wintergerste – Luzerne/Klee/Gras – Winterroggen – Silomais – Winterweizen. Ausgewertet wurden hierbei Behandlungsstufen ohne Pflanzenschutzmittel (PSM)-Einsatz (UK) sowie mit situationsbezogener (100%) und halbierter (50%) Pflanzenschutzintensität.

Zur Bewertung des Stickstoff (N)-Haushaltes wurde der Indikator N-Saldo verwandt. In die Berechnung des N-Saldos wurde eine N-Immission von 30 kg N ha^{-1} a^{-1} einbezogen. Die Kalkulation der Energiebilanzen erfolgte unter Berücksichtigung des direkten Energieeinsatzes (Dieselkraftstoff) sowie des indirekten Energieinputs in das System (Energieaufwand zur Produktion von Maschinen, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln). Als Indikatoren der Energieeffizienz wurden der Energiegewinn (= Energieoutput minus Energieinput) und die Energieintensität (= Energieinput je Getreideeinheit GE) genutzt. Die Klimarelevanz des Getreideanbaus wurde mit dem absoluten Kohlendioxid (CO_2)-Ausstoß pro Fläche ausgedrückt, welcher aus der eingesetzten Energie innerhalb des Anbauverfahrens und aus der Herstellung der verwendeten Produktionsmittel resultiert.

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Ludwig-Wucherer-Straße 2, 06108 Halle (Saale); E-Mail: s.deike@bba.de

* Technische Universität München, Lehrstuhl für ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85354 Freising-Weihenstephan

** Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

*** Saatenunion GmbH, Eisenstraße 12, 30196 Isernhagen

Ergebnisse und Diskussion

Aus der Auswertung der Praxisbetriebe ergaben sich aufgrund einer Vielzahl verschiedener Betriebsstrukturen sowie unterschiedlicher Standortverhältnisse und Intensitäten des Anbaumanagements keine eindeutigen Tendenzen zu Vor- bzw. Nachteilswirkungen der einzelnen Getreidearten. Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass die durchschnittliche Anbauintensität in Bezug auf N-Düngung und PSM-Einsatz in den Betrieben meist höher war als im Feldversuch, während das Ertragsniveau im Mittel niedriger lag (Daten nicht aufgeführt).

Im Feldversuch wurden bei allen Getreidearten die höchsten Erträge grundsätzlich bei situationsbezogener PSM-Anwendung (100%) erzielt (Tab. 1). Im Durchschnitt aller PSM-Intensitätsstufen erreichte der Winterroggen die höchsten Erträge und die niedrigsten N-Salden. Auf dem mittleren Anbaustandort in Dahnsdorf mit trockenem, kontinental beeinflusstem Klima resultierte dies vermutlich aus der höheren Winterhärte, Trocken- und Hitzetoleranz sowie dem besseren Nährstoffverwertungs- und -aneignungsvermögen des Roggens im Vergleich zu Gerste und Weizen. Die höheren Erträge des Roggens in der Variante ohne PSM-Anwendung (UK) weisen zudem auf eine bessere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern im Vergleich zu Weizen und Gerste und eine relativ gute Krankheitsresistenz hin.

Der CO_2-Ausstoß, welcher eng mit dem Einsatz fossiler Energie korreliert (Tzilivakis et al., 2005), war aufgrund des höheren N-Düngungsniveaus im Mittel beim Anbau von Weizen größer als bei Roggen und Gerste. Die höheren CO_2-Emissionen bei halbierter und situationsbezogener PSM-Intensität im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle spiegeln den höheren Energieeinsatz durch die PSM-Anwendung (Applikation, Herstellung der PSM) und den infolge der höheren Erträge gestiegenen Energieaufwand bei der Ernte wider. Aufgrund des hohen Ertragsniveaus bei gleichzeitig niedrigem Energieinput in Form von Mineraldüngern wies der Winterroggen im Durchschnitt eine höhere Energieeffizienz, ausgedrückt durch einen höheren Energiegewinn und eine niedrigere Energieintensität, als Winterweizen und Wintergerste auf.

Tab. 1: Ausgewählte Leistungen und Umweltwirkungen des Getreideanbaus bei unterschiedlicher Intensität des chemischen Pflanzenschutzes am Versuchsstandort Dahnsdorf, Mittel 2002-2005

Fruchtart	Winterweizen			Winterroggen			Wintergerste		
Indikator	UK	50%	100%	UK	50%	100%	UK	50%	100%
Ertrag (dt ha^{-1})	53,1	69,0	71,6	60,4	75,2	79,0	47,4	66,8	71,6
N-Saldo* (kg N ha^{-1})	73,4	59,0	47,6	61,0	43,8	38,5	72,8	50,0	37,7
Energiegewinn (GJ ha^{-1})	135,5	178,4	186,9	169,1	212,6	224,2	122,8	176,8	190,7
Energieintensität (MJ GE^{-1})	223,5	178,6	166,4	157,3	140,9	134,5	318,9	165,7	157,7
CO_2-Emission (kg CO_2 ha^{-1})	903,7	960,8	966,6	863,8	903,6	923,5	851,4	919,0	935,2

* Berücksichtigung der N-Gehalte im Korn

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker-Verlag, Aachen.

Tzilivakis, J., D.J. Warner, M. May, K.A. Lewis, K. Jaggard (2005): An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems 85, 101-119.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 190–191 (2007)

Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau – Einzelbetriebliche Bewertung mit dem Modell REPRO

Peter Deumelandt & Olaf Christen

Einleitung

Im Rahmen eines Verbundprojektes, koordiniert durch das Institut für Zuckerrübenforschung (IFZ) in Göttingen, beschäftigt sich dieses Teilprojekt mit der einzelbetrieblichen Bewertung von Zuckerrübenanbaubetrieben.
Bislang wurden die Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaues meist auf der Ebene der Fruchtart analysiert. Im Rahmen dieser Untersuchung wird die Zuckerrübe im gesamten Anbausystem betrachtet. Die Auswirkungen der Zuckerrübenproduktion sollen mittels geeigneter ökologischer Indikatoren beschrieben werden.

Material und Methoden

Im 1. Halbjahr 2007 wurden im Rahmen des Verbundprojektes „Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau“ die Bewirtschaftungsdaten aus 12 landwirtschaftlichen Betrieben in 6 Regionen Deutschlands detailliert erfasst. In der aktuellen Projektphase kann bereits der erste Betrieb auf die Indikatoren Humus und Stickstoff analysiert und bewertet werden. Die Analyse berücksichtigt sämtliche schlagbezogenen Bewirtschaftungsdaten der Erntejahre 2004 bis 2006. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen (N_{min}, P) sowie die Daten der regionalen Wetterstation abgefragt.
Als Instrument zur Bewertung wurde das Bilanzierungsmodell REPRO verwendet.
Die Humusbilanzierung erfolgte mit der HE-Methode in der dynamischen Betrachtungsweise (HÜLSBERGEN et al. 2000). Die Humuseinheit ist als 1 t Humus mit 50 kg N und 580 kg C definiert. Der Humusbedarf, als Kenngröße für die Mineralisierung der organischen Bodensubstanz resultiert aus dem Fruchtartenspektrum und dem Anbauverhältnis. Aus der Differenz von Humusbedarf und Humusersatzleistung (Humusmehrerleistung und Zufuhr organischer Dünger) errechnet sich der Humussaldo.
Die flächenbezogene Stickstoffbilanz bildet die Grundlage der Bewertung des Stickstoffmanagements für den Betrieb. Im N-Entzug, als wesentliche Größe der N-Bilanz, spiegeln sich die Parameter (Anbaustruktur, Ertragshöhe, Inhaltsstoffe der Ernteprodukte) wieder. Dem steht die N-Zufuhr gegenüber. Unbeeinflussbar und standortunabhängig ist der N-Eintrag über die Immission von 17 kg N ha^{-1} im Jahr. Der durch die Nebenprodukte entzogene Stickstoff verbleibt als Stroh- und Gründüngung direkt auf den Flächen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Humusbilanz als Indikator für die Bodenfruchtbarkeit, ackerbaulich genutzter Böden, ist in der dynamischen Betrachtungsweise stark vom Ertrag abhängig. Dies verdeutlichen die Unterschiede im Humusbedarf der betrachteten Schläge. Ein Ertragsunterschied von 229 dt ha^{-1} bedingt eine Differenz von 1,14 HE ha^{-1}. Der hohe Bedarf humuszehrender Fruchtarten (Zuckerrübe) muss durch Zuführung organischer Substanz ausgeglichen werden. Der Einsatz von Kompost im Jahre 2004 auf Schlag 2 führte im Ergebnis zu einer positiven Humusbilanz, obwohl hier ein deutlich höherer, ertragsbedingter Humusbedarf auszugleichen war. Der Bedarf an orga-

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, MLU Halle-Wittenberg, 06108 Halle/Saale

nischer Substanz konnte auf Schlag 1 durch die Rübenblattdüngung nicht ausgeglichen werden. Bei mehrjähriger Betrachtung der untersuchten Schläge zeigt sich, dass trotz geringerer Humusersatzleistungen und einem höheren Humusbedarf, bedingt durch den Anbau einer weiteren Hackfrucht, auf Schlag 2, eine ausgeglichenere Humusbilanz berechnet wurde. Die Strohdüngung auf Schlag 1 vermochte den hohen Humusbedarf der Zuckerrübe im Jahr 2004 nicht ausgleichen.
Die aufgezeigten Ertragsunterschiede der beiden Schläge haben auch bei der N-Bilanz entscheidenden Einfluss und ergeben im Erntejahr 2004 eine Differenz von 115 kg N ha^{-1}. Der mineralische Stickstoff auf Schlag 1 (100 kg N ha^{-1}) wurde deutlich verhaltener als auf Schlag 2 eingesetzt. Damit reagierte das Betriebsmanagement auf die aktuelle Bestandsentwicklung.
Die organische Düngung berücksichtigt die N–Zufuhr des Rübenblattes und wird auf Schlag 1 mit 142 kg N ha^{-1} berechnet. Dies kommt aber erst in der Folgefrucht zum Tragen. Im Mittel der Jahre ergibt sich für Schlag 1 ein Saldo von 77 kg N ha^{-1} bzw. 61 kg N ha^{-1} für Schlag 2. Als Besonderheit der N-Flächenbilanz im Modell REPRO wird die Änderung im Boden-N-Vorrat mit bilanziert (HÜLSBERGEN, 2003).
Eine negative Humusbilanz bedingt somit eine Mineralisierung des im organischen Bodenpool gebundenen Stickstoffs. Während eine positive Humusbilanz zu einer Festlegung des mineralischen Stickstoffs führt. Die Kompostausbringung auf Schlag 2 führte im Jahr 2004 zu einer Anreicherung des organischen N-Pools um 20 kg N ha^{-1}. Dagegen führte der Zuckerrübenanbau auf Schlag 1 im selben Erntejahr zu einer Abreicherung um 87 kg N ha^{-1}.
Ziel des Teilprojektes ist es, die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Indikatoren zu beschreiben, und aus den spezifischen Fruchtfolgeeffekten Strategien für einen nachhaltigen Zuckerrübenanbau abzuleiten. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse sollen für die jeweilige Agrarregion Optimalszenarien entwickelt werden.

Tab. 1: Humus- und Stickstoffbilanz der Erntejahre 2004 - 2006

Kennzahl	**ME**	**Schlag 1**				**Schlag 2**			
Jahr		2004	2005	2006	Mittel	2004	2005	2006	Mittel
Fruchtart		ZR	WW	WW		ZR	WG	Kart.	
Ertrag	dt ha^{-1}	536	81,6	80,5		765	65,3	543	
Humusbilanz (HE-Methode)									
Humusbedarf	HE ha^{-1}	-2,17	-0,94	-0,92		-3,31	-0,9	-1,16	
Humusersatzleistung	HE ha^{-1}	0,6	0,9	1,08		3,68	0,6	0,52	
Humusbilanz	HE ha^{-1}	-1,58	-0,04	0,16	-0,39	0,37	-0,3	-0,64	-0,19
N Flächenbilanz									
N-Entzug gesamt	kg ha^{-1}	226	193	191	185	341	120	206	223
N-Zufuhr gesamt	kg ha^{-1}	261	247	251	245	459	124	236	274
org. N-Zufuhr	kg ha^{-1}	142	34	47	70	296	22	53	125
min. N-Düngung	kg ha^{-1}	100	193	186	155	144	83	161	129
Δ Boden-N-Vorrat	kg ha^{-1}	-87	-2	9	-22	20	-16	-35	-10
N-Bilanz	kg ha^{-1}	122	55	53	77	97	20	65	61

Literatur

HÜLSBERGEN, K.J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.

HÜLSBERGEN, K.-J., W. DIEPENBROCK & D. ROST (2000): Weiterentwicklung des Modells REPRO und GIS-gestützte Anwendung in Referenzbetrieben Sachsen-Anhalts. Forschungsbericht im Auftrag des MRLU des Landes Sachsen-Anhalt. Martin-Luther- Universität Halle-Wittenberg.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 192–193 (2007)

Anbau von Winterzwischenfrüchten zur Biogasnutzung vor Energiemais

Christian Menke & Rolf Rauber

Einleitung

Die Umformung von Bioenergie in Elektrizität und Wärme mittels Biogasanlagen hat in den letzten Jahren Praxistauglichkeit erlangt. Die Bereitstellung der erforderlichen Biomasse ist eine Herausforderung für die Landwirtschaft. Mit dem Anbau von Winterzwischenfrüchten soll die Erzeugung von Pflanzenmasse gesteigert und die Auswaschung von mineralischem Stickstoff über Winter vermindert werden (vgl. Reents und Möller 2001). Die Frage, welche Pflanzenarten diese Ziele am besten vereinigen, ist Gegenstand dieses Feldversuches.

Material und Methoden

Auf den Flächen des Versuchsgutes Reinshof der Universität Göttingen (Auenlehm) wurden im August und September 2006 verschiedene Pflanzenarten im Versuchsdesign „Lateinisches Rechteck“ mit vier Wiederholungen ausgesät. Vorfrucht war Winterweizen, das Stroh verblieb auf dem Feld. Bei den Winterzwischenfrüchten handelte sich um winterharte Futtergräser, Wintergetreidearten, Brassicaceen, Leguminosen und zwei Kräuterarten, Wegwarte (*Cichorium intybus*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*). Auch Gemenge einiger Arten wurden geprüft. Für 2007/08 ist eine zweite Versuchsanstellung geplant. Alle Parzellen erhielten 30 kg N/ha. Die Nmin-Werte (NO_3-N + NH_4-N) wurden in der Bodenschicht 0 – 90 cm erfasst. Dies erfolgte zur Aussaat der Winterzwischenfrüchte und vor der Vegetationsruhe (Dezember 2006), zu Vegetationsbeginn (März 2007) sowie im April 2007 und zur anschließenden Maisaussaat im Mai 2007. Gleichzeitig wurden die Biomasseerträge zu den genannten Terminen erfasst. Ein milder Winter mit einem trockenen, warmen Frühjahr bestimmten das Pflanzenwachstum im Versuchsjahr 2006/07.

Ergebnisse und Diskussion

Die letzte Ernte der Biomasse vor dem Umbruch wurde am 21. Mai 2007 durchgeführt. Der Trockenmasseertrag war zu diesem Zeitpunkt beim Winterroggen (*Secale cereale* „Vitallo“) mit 107,1 dt TM/ha am höchsten, gefolgt vom Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) mit 106,5 dt TM/ha. Auf den weiteren Rängen folgten Winterroggen („Recrut“) , Landsberger Gemenge, Wintergerste (*Hordeum vulgare* „Ludmilla“) und eine weitere Winterroggenvariante („Carotrumpf“). Die geringste Pflanzenmasse wurde vom Steinklee (*Melilotus officinalis*) mit nur 37,6 dt TM/ha produziert. Wenig besser waren das Gemenge aus Rübsen (*Brassica rapa*) und Markstammkohl (*Brassica oleracea*) mit 42,0 dt TM/ha sowie die Zottelwicke (*Vicia villosa*) mit 49,2 dt TM/ha.

Der Erntetermin am 21. Mai 2007 und die anschließende Maisbestellung lagen, im Vergleich zur landwirtschaftlichen Praxis, recht spät. Es zeigte sich jedoch, dass zwischen dem 16. April 2007 und dem Maitermin beträchtliche Zuwächse an Pflanzenmasse erfolgten. So wurde bei der Variante „Winterroggen, Sorte Recrut“ in dem genannten Zeitraum ein Zuwachs von 41,8 dt TM/ha auf 105,0 dt TM/ha ermittelt, d.h. ein Zuwachs um 63,2 dt TM/ha. Dies entspricht einem Zuwachs von 18 g TM/m^2

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

und Tag. Hier ist der überwiegende Biomasseanteil erst in den letzten fünf Wochen vor der Endernte herangewachsen. Hohe Zuwächse in den letzten fünf Wochen wurden auch beim Gemenge aus Triticale („Kitaro“) und Spitzwegerich mit 63,0 dt TM/ha (18 g TM/m^2 und Tag), bei Wintergerste „Ludmilla“ mit 60,2 dt TM/ha (17,2 g TM/m^2 und Tag) und bei den Winterackerbohnen mit 60,3 dt TM/ha (17,2 g TM/m^2 und Tag) beobachtet.

Die im Boden gemessenen Nmin-Werte zeigten unterschiedliche Verläufe. Die Nmin-Werte der Bracheparzelle stiegen nach der ersten Probennahme an. Zum März 2007 fielen sie wieder ab und lagen im April 2007 bei 64 kg Nmin/ha. Bis zur Endernte im Mai 2007 stiegen sie dann erneut an (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Nmin-Gehalte ausgewählter Winterzwischenfruchtvarianten im Verlauf der Anbauperiode September 2006 bis Mai 2007 aus 0 bis 90 cm Bodentiefe

Variante	Nmin [kg/ha] Sept. 2006	Nmin [kg/ha] Dez. 2006	Nmin [kg/ha] März 2007	Nmin [kg/ha] April 2007	Nmin [kg/ha] Mai 2007
1 Deutsches Weidelgras	64,74	28,23	14,56	14,82	13,52
6 Winterroggen “Recrut”	62,71	95,55	26,51	15,69	15,40
7 Winterroggen “Carotrumpf”	73,27	90,10	23,53	15,41	15,70
12 Wintergerste	69,30	59,92	23,91	18,65	15,20
17 Winterraps	73,35	16,88	15,58	19,80	16,39
19 Markstammkohl	68,09	17,31	16,66	17,45	17,39
20 Wegwarte	64,52	39,09	27,72	22,24	14,60
21 Spitzwegerich	64,40	22,26	15,01	15,12	21,46
22 Winterackerbohne	77,98	108,52	50,71	36,25	38,20
23 Wintererbse	63,56	107,46	70,26	49,24	36,44
24 Zottelwicke	75,55	33,68	20,38	19,48	26,07
26 Rotklee	64,79	48,72	27,52	22,64	20,32
27 Inkarnatklee	64,69	35,23	19,97	22,63	22,04
29 Gemenge Ackerb./Erbse	71,45	112,14	56,39	33,13	31,74
33 Landsberger Gemenge	61,39	21,03	17,47	13,39	14,09
34 Brache (kein Bewuchs)	68,03	99,19	76,69	64,52	89,03

Einen ähnlichen Verlauf der Nmin-Mengen im Boden, mit einem starken Anstieg der mineralisierten Stickstoffmengen im Herbst, hatten unter anderem die Winterroggen-Varianten. Hier stiegen die Nmin-Mengen im Boden bei allen vier geprüften Sorten an, sehr stark bei „Recrut“ (von 63 kg Nmin/ha auf 96 kg Nmin/ha). Zum Ende des Winters sanken die Werte deutlich. Dieser Verlauf ist bei *Brassica*-Arten anders. Hier sank der Nmin-Gehalt im Boden schon im Herbst bei allen Varianten von etwa 60 bis 75 kg Nmin/ha bei der Aussaat auf unter 20 kg Nmin/ha im Dezember. Die Winterackerbohnen und Wintererbsen zeigten während der gesamten Wachstumszeit die höchsten Nmin-Werte (Tab. 1; Varianten 22, 23 und 29).

Beachtlich ist das gute Abschneiden des Inkarnatklees. Diese Pflanzenart hatte schon im zeitigen Frühjahr sehr viel Biomasse produziert und war auch bei der Absenkung der Nmin Werte leistungsstark. Die Erfassung der Vorfruchtwirkung des Inkarnatklees als Leguminose auf den Mais wird die Gesamtbeurteilung abrunden.

Literatur

REENTS, H.-J. und MÖLLER, K., 2001: Stickstoffmanagement im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Zwischenfrüchten. 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, TU München, Freising-Weihenstephan, 6. bis 8. März 2001, 179-182.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 194–195 (2007)

Evaluierung von Winter-Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) als Zwischenfrucht für die Biogasproduktion

Franziska Schrader, Rolf Rauber & Wolfgang Link*

Einleitung

Die Winter-Ackerbohne (*Vicia faba* L.) ist in Deutschland für die Praxis nicht verfügbar, da ihre Winterhärte noch nicht ausreicht, um Ertragssicherheit zu gewähren (Link und Arbaoui 2005). Ackerbohnen werden bisher züchterisch für den Kornertrag bearbeitet, da sie hauptsächlich als Tierfutter, großsamige auch für die menschliche Ernährung verwendet werden. Untersuchungen über Winter-Ackerbohnen zur energetischen Nutzung liegen bislang nicht vor. In dreijährigen Feldversuchen wird an zwei unterschiedlichen Standorten im Raum Göttingen ein Fruchtfolgeausschnitt in Anlehnung an das *System Scheffer/Grass* (Scheffer und Grass, 2003) untersucht, indem die in Göttingen gezüchteten Winter-Ackerbohnen vor Energiemais angebaut werden. Dabei soll die optimale Kombination von Saatzeit, Bestandesdichte und Erntezeit sechs verschiedener Genotypen der Winter-Ackerbohnen herausgefunden werden. Ferner werden Wintererbsen und Winterroggen sowohl in Reinbeständen als auch in Gemengen mit Winter-Ackerbohnen als Zwischenfrüchte vor Mais untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen werden auf dem Versuchsgut Reinshof der Georg-August-Universität Göttingen durchgeführt. Grundlage der hier dargestellten Ergebnisse bildet das erste von drei Feldversuchsjahren (2006/07). Die Versuche setzen sich aus den Faktoren Saatzeit (26.09.2006; 18.10.2006), Saatstärke (35 Korn/m³, 70 Korn/m²) und Erntezeit (07.05.2007; 31.05.2007; 19.06.2007) der Winter-Ackerbohnen zusammen. Der Saattermin für die Gemenge mit zugehörigen Reinsaaten war der 18.10.2006, der Erntetermin der 31.05.2007. Die Saatstärke der Reinsaaten betrug bei Winter-Ackerbohne 35 Korn/m², bei Wintererbse 70 Korn/m² und bei Winterroggen 300 Korn/m². Die Gemenge wurden mit jeweils 75% der entsprechenden Reinsaatstärke gedrillt. Um den Biomasseertrag zu erfassen wurden Teilflächenbeerntungen in Miniplots von 1,32 m² durchgeführt. Nach den unterschiedlichen Ernteterminen der Vorfrüchte wurde im Anschluss Mais zur Biogasproduktion auf den Parzellen mit 12 Korn/m² gedrillt. Die Hauptfrucht soll im Herbst 2007 Ende der Teigreife geerntet werden, da in diesem Stadium der maximale Methanhektarertrag erreichet wird (Amon et al. 2003).

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Göttinger Winter-Ackerbohne konnte am 31.05.2007 ein Biomasseertrag von 90 dt/ha Trockenmasse (TM) realisiert werden. Die TM-Erträge der zur gleichen Zeit gedrillten und geernteten Reinsaaten Winterroggen und Wintererbse unterschieden sich nicht signifikant vom TM-Ertrag der Reinsaat Winter-Ackerbohne (Abb.1). Auch die Gemenge von Winter-Ackerbohne mit Wintererbse bzw. Winter-Ackerbohnen mit Winterroggen zeigten, im Vergleich mit den Reinsaaten, keine signifikanten Ertragsunterschiede. Der höchste TM-Ertrag (138 dt/ha) wurde mit dem Gemenge aus Winter-Ackerbohne und Winterroggen erzielt (Abb.1). Der durchschnittliche TM-

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Abteilung Pflanzenbau und * Abteilung Pflanzenzüchtung, Von-Siebold-Str.8, 37075 Göttingen

Ertrag der früh gesäten Winter-Ackerbohnen lag bei 111 dt/ha, der TM-Ertrag der spät gesäten Winter-Ackerbohnen lag 21 dt/ha darunter. Die doppelte Aussaatstärke führte zu keinem signifikanten Ertragsunterschied. Winter-Ackerbohnen, die in doppelter Saatstärke angesät wurden, waren zum Erntezeitpunkt durch die geringere Einstrahlung im Bestand höher aber weniger bestockt und hatten im unteren Bereich des Bestandes weniger Blätter. Die vermuteten Unterschiede hinsichtlich Kältetoleranz der Genotypen der Winter-Ackerbohnen konnten durch den milden Winter 2006/07 nicht festgestellt werden. Im TM-Ertrag unterschieden sich die sechs Winter-Ackerbohnen-Genotypen nur geringfügig.

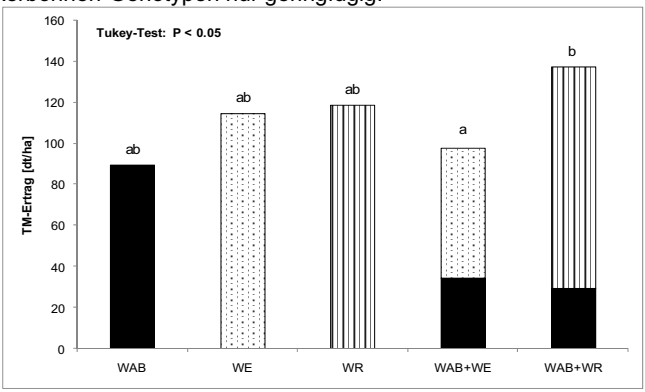


Abb. 1: Trockenmasse-Erträge von Winter-Ackerbohne (WAB), Wintererbse (WE) und Winterroggen (WR) in Reinsaat und Gemenge 2006/07. Saat: 18.10.2006, Ernte: 31.05.2007

Der TM-Ertrag der Winter-Ackerbohnen des ersten Erntetermins war signifikant niedriger als die TM-Erträge der Winter-Ackerbohnen der beiden späten Erntetermine, die sich nicht signifikant voneinander unterschieden. Der tägliche TM-Zuwachs der Winter-Ackerbohne betrug vom 7. Mai bis zum 31. Mai 1,92 dt/ha; Anfang Juni sank er auf 0,6 dt/ha. Die höheren TM-Erträge der ab dem 31. Mai geernteten Winter-Ackerbohnen lassen noch keine Rückschlüsse auf die Produktivität des Fruchtfolgeausschnittes zu. Die positiven Effekte eines Ertragszuwachses der Winter-Ackerbohnen im Frühjahr müssen den erwarteten Ertragsverlusten des Maises durch die spätere Aussaat gegenübergestellt werden. Zur Gesamtbeurteilung der Winter-Ackerbohnen als Vorfrucht vor Biogasmais gehört auch die Einschätzung, inwieweit durch die N_2-fixierenden Knöllchen der Winter-Ackerbohnen dem nachfolgenden Mais Stickstoff zur Verfügung gestellt wird.

Literatur

Amon, T., Kryvoruchko, V., Amon, B., Zollitsch, W., Mayer, K., Buga, S., Amid, A, 2003: Biogaserzeugung aus Mais - Einfluss der Inhaltsstoffe auf das Methanbindungsvermögen von früh- bis spätreifen Maissorten. Bericht über die 54. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs BAL Gumpenstein, 25. -27. November 2003, 1-10.

Grass, R. und. Scheffer, K, 2003: Kombinierter Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgegliedes - Beispiel Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfurcht. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 15, 106-109.

Link, W. und Arbaoui, M., 2005: Neues von der Göttinger Winter-Ackerbohne. Bericht über die 56. Tagung 2005 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs HBLFA Raumberg – Gumpenstein, 22. - 24. November 2005, 31-38.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 196–197 (2007)

The impacts of maize genotype and maturity stage on dry matter, biogas and methane gas yields

Eugene Tatah, Michael Gaudchau & Bernd Honermeier

Introduction

Global warming and the impending depletion of cheap petroleum reserves is forcing humans to consider using alternative and environmentally compatible resources for their products and energy needs. Among the alternative so far considered, biomass has been the most highly appreciated. Biomass unlike petroleum is highly diverse in both species and socioeconomic importance. While the choice of biomass species should not disrupt socioeconomic life style, it must be appropriate to the technology envisaged.

Many studies in Europe and Germany have confirmed silage maize as a very suitable substrate for anaerobic production of biogas (Amon et al. 2003). Presently the main research is to select maize genotypes with increased methane yielding potentials.

Material und Methods

During the growing season of 2006 a germplasm of 6 maize cultivars and lines were planted in Giessen and Groß-Gerau to verify how the maturity stage of each could affect the harvested dry biomass and the subsequent biogas and methane produced by anaerobically digesting the biomass harvested. Both locations differed in soil type and local climate. Given the loam soils and cooler climates of Giessen, the experimental planning did not deem irrigation as necessary. Groß-Gerau on the other hand is a warmer location with sandy soils and hence potentially pruned to suffer water shortage. Irrigation was therefore an inevitable factor in planning the experiments in this location.

The maize were planted in a randomized complete block design with four replications and harvested at four maturity stages. The first harvest was done each time the standard (Gavott) reached the milk stage. The second, the third and the fourth harvest times then followed each other at intervals of two weeks. Upon harvest samples were taken for the laboratory determinations of dry matter yield (DM dt/ha or total solids-TS dt/ha), chemical composition determination and anaerobic digestion to produce biogas. The determination of biogas considered the gas produced per unit amount of volatile solids (VS).The biogas was further characterised using an Orsat instrument to find out mainly the concentration of methane.The biogas and methane concentrations were measured under standard conditions (0^{o}C and 101.325 kilopascals) and the results expressed in standard litres (German-Norm litres nL).

Results and Discussion

The results below are from the experimental station in Giessen in the year 2006. Using the statistical analysis SPSS and the probability level of 5% ($P<0,005$) the dry matter differences of each cultivar between the four harvest times were all found to be significant. From the table 1 it can be further inferred that each cultivar with the exception of Magitop recorded the highest dry matter yield as expected in the fourth harvest. The maize line KXA5243 and the cultivar Atletico showed constant yield

Justus Liebig Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen; e-mail: elendzemo@yahoo.com

increase from one harvest time to the next and both recorded significantly highest yields at the fourth harvest.

Table 1: Maize dry matter yield (DM dt/ha) according to genotype and harvest time, field experiment Giessen 2006

Cultivar	Harvest time (HT)			
	1	2	3	4
Gavott	109,5	152,4	173,5	199,5
Atletico	131,2	159,8	203,2	265,5
Magitop	134,1	180,0	213,6	213,5
KXA5233	131,0	156,5	193,1	248,6
KXA5243	119,7	151,5	187,5	283,4
Beatus	136,6	173,7	199,2	241,5
LSD 5 %	HT = 11,8 dt/ha, Cultivar = 14,4 dt/ha, HT x CV = 28,8 dt/ha			

HT=harvest time, CV=cultivar (genotype or line), 1 – milk stage of Gavott, 2 two weeks after HT 1, 3 – two weeks after HT 2, 4 – two weeks after HT 3.

Table 2: Maize dry matter yield, volatile biogas and methane yields according to genotype from the third harvest time, field experiment Giessen 2006

Cultivar	DM dt/ha	VS dt/ha	nL Gas/kg VS	nL CH_4/kg VS	% CH_4/kg VS
Atletico	203,2	194,4	678	380	56,1
Beatus	199,2	190,6	646	372	57,6
Gavott	173,5	165,5	625	367	58,7
KXA5233	193,1	184,8	614	316	51,5
KXA5243	187,5	179,3	671	390	58,1
Magitop	213,6	205,0	444	237	53,4

VS=Volatile solids

Experience has revealed a biomass moisture content of 30% to be ideal for ensiling as well as anaerobically digesting maize. In our experiments in 2006, the maize biomass from the experimental station in Giessen showed moisture contents around this level and were therefore selected for biogas production. The results of the digestion can be read from the table 2. All the cultivars produced biogas with methane concentrations in the economically accepted average range 51,1-58,1%.The best results however were those of especially the line KXA5243 (671 nL biogas containing 390 nl CH_4) and the cultivar Atletico (678 nL biogas containing 380 nL CH_4). It can be concluded that both cultivars have a good suitability for biogas production under the growing conditions of the Federal State Hessen.

Literature

Amon, Th.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Zollitsch, W.; Mayer, K.; Buga, S. & A. Amid (2003): Biogaserzeugung aus Mais – Einfluss der Inhaltsstoffe auf das spezifische Methanbildungsvermögen von früh- bis spätreifen Maissorten. Bericht über die 54. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft am 25. – 27. November 2003, S. 59-68

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 198–199 (2007)

Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sieben Standorten im Bundesgebiet – Erste Ergebnisse aus einem Multisite-Experiment

Florian Heuser, Reinhold Stülpnagel, Christine von Buttlar & Michael Wachendorf

Einleitung

Ziel eines Verbundvorhabens (TLL, 2007) ist die Entwicklung und Optimierung von Anbauverfahren zur Bereitstellung von Ackerkulturen als Energieträger. Hierbei sollen hohe Flächenerträge auch mit einem Höchstmaß an Ökologie verbunden werden. Zur Beurteilung der verschiedenen Möglichkeiten der Realisierung wird in Teilprojekt 6 das Zweikultur-Nutzungssytem (SCHEFFER und STÜLPNAGEL, 1993) an sieben Standorten im Bundesgebiet geprüft, um die Chancen und Risiken dieses Konzeptes unter den verschiedenen Standortbedingungen bewerten zu können.

Im Gegensatz zum üblichen Anbau von Wintergetreide und Winterraps mit der Ernte zur Vollreife (Hauptfrucht-Nutzung) werden bei der Zweikultur-Nutzung die Winterungen vor der Vollreife geerntet und als Häckselgut einsiliert. Unmittelbar danach folgt nach flacher Bodenbearbeitung oder durch Direktsaat die Aussaat der Sommerungen Mais, Sonnenblume, Hirse, Amarant usw., die im Herbst wieder zur Silagebereitung geerntet werden. Die energetische Nutzung der Silagen kann dann bei der Biogasbereitung direkt bzw. bei der BTL-Erzeugung nach vorheriger mechanischer Entwässerung und Nachtrocknung erfolgen.

Im vorliegenden Beitrag wird aus der umfangreichen Analytik zu diesen Versuchen die Ertragsleistung verschiedener Ackerkulturen in den beiden Anbauformen aus dem ersten Versuchsjahr (2005 bis 2006) dargestellt, um das Ertragspotenzial allgemein sowie an den verschiedenen Versuchsstandorten zu verdeutlichen. Gleichzeitig werden die Methanerträge ausgewählter Varianten mitgeteilt.

Material und Methoden

Auf sieben Standorten im Bundesgebiet wurden dreijährig Feldversuche (2005-2008) mit jeweils zwei Wiederholungen angelegt. Die Versuchsstandorte sind Dornburg (TH), Gülzow (MV), Haus Düsse (NRW), Straubing (BY), Werlte (N), Rauischholzhausen und Witzenhausen (H).

Tab.1 gibt einen Überblick zu den geprüften Anbaukonzepten und Pflanzenarten. Die Versuche wurden an allen Standorten in gleicher Weise durchgeführt. Nur die Stickstoffdüngung orientierte sich an dem jeweiligen N-Sollwert-Konzept der Länder. Mit den Ergebnissen aus der Weender Analyse zu den Pflanzenproben und ihren Flächenerträgen wurden

Hauptfrucht-Nutzung	Zweikultur-Nutzung	
Haupt- und Zwischenfrucht	Erstkultur	Zweitkultur
Senf*) - Mais	Winterrübsen	Mais, Sorghum-Hybrid, Sonnenblume, Mais-Sonnenblume-Gemenge
Senf*) - Sonnenblume	Winterroggen (Grünschnitt)	Mais, Sorghum-Hybrid, Sonnenblume, Mais-Sonnenblume-Gemenge
Winterroggen (Energie) - Senf*)	Winterroggen (Grünschnitt) - Wintererbsen-Gemenge	Mais, Sorghum-Hybrid, Sonnenblume, Mais-Sonnenblume-Gemenge
Winterroggen (Brot) - Senf*)	Winterroggen (Grünschnitt) - Wintergerste-Gemenge	Sudan Grass, Amarant, Hanf, Mais-Sonnenblume-Amarant-Gemenge

*) Senf als Sommer-Zwischenfrucht

Tab. 1: Übersicht zu den Anbaukonzepten und Pflanzenarten, die auf sieben Standorten geprüft werden.

Heuser@uni-kassel.de Universität Kassel, FG Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe. Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen

nach BASERGA (1998) die Methanerträge berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Das erste Versuchsjahr 2005/2006 war an allen Standorten durch einen langen Winter sowie im Frühjahr und Sommer 2006 durch deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge und überdurchschnittlichen Temperaturen charakterisiert. **Abb. 1** zeigt die Biomasse- und Methanerträge aller Varianten im Mittel der Standorte.

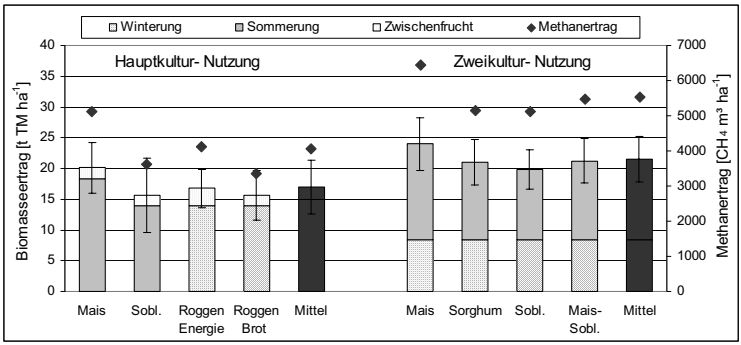


Abb. 1: Jahresbiomasseerträge bei Hauptfrucht- und Zweikultur-Nutzung im Mittel aller Standorte mit Standardabweichung und Angabe des Methanertrages

Die Jahreserträge der Zweikultur-Nutzung waren im Mittel der Standorte und Varianten mit 22 t TM ha^{-1} um 5 t TM ha^{-1} (27%) höher als die Erträge in der Hauptfrucht-Nutzung mit Zwischenfrucht. Die Mehrerträge durch Zweikultur- Nutzung betrugen beim Mais je nach Standort zwischen 1,5 und 7 t TM ha^{-1} (7 bis 37%) bzw. bei Sonnenblume (Sobl.) zwischen 0 und 5,8 t TM ha^{-1} (0 bis 58%). Im Mittel aller Standorte konnte mit Mais sowohl in der Hauptfrucht- als auch in der Zweikultur-Nutzung der höchste Ertrag mit guten TS-Gehalten (28%) zur Silagebereitung erzielt werden. Die TS-Gehalte von Rübsen (<20%) und Sonnenblumen (~23%) lagen unten den für eine sichere Silierung geforderten 30%.

Die mittleren Methanerträge von Mais in Zweikultur- Nutzung erreichten 6.430 m^3 CH_4 ha^{-1} und waren um 1.316 m^3 ha^{-1} (26%) höher als in der Hauptkultur- Nutzung. Bei Sonnenblumen konnten ähnliche Steigerungen der Methanausbeute, jedoch auf absolut niedrigerem Niveau erzielt werden.

Danksagung: Die Autoren danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und dem Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) für die Förderung.

Literatur

Baserga, U. 1998: Landw. CO-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT – B., 512, Schweiz

TLL (2007): Verbundp. “Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung“ www.tll.de/vbp

Scheffer, K. und Stülpnagel, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO2-neutralen Energieträgers Biomasse-Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 200–201 (2007)

Möglichkeiten der Zusatzbewässerung beim Zweikulturnutzungssystem

Torsten Neumann, Siegfried Schittenhelm, Johannes Hufnagel*
& Jörg Michael Greef

Einleitung

Das Zweikulturnutzungssystem ist darauf ausgerichtet, durch eine ganzjährige Bodenbedeckung eine hohe Flächenproduktion zu erzielen (Karpenstein-Machan, 2005). Die Erstkultur wird im Herbst ausgesät und im folgenden Jahr noch vor der Vollreife geerntet. Für die Zweitkulturen sind dabei Trockenphasen während der Keimung und der Jugendentwicklung im Frühjahr problematisch. Die Analyse langjähriger Witterungsdaten für mehrere über das gesamte Bundesgebiet verteilte Maisstandorte ergab eine mittlere nutzbare Feldkapazität (nFk) von 91% in der dritten Aprildekade ohne Winterzwischenfrucht sowie von 69% in der dritten Maidekade mit der Zwischenfrucht Winterroggen (Löpmeier, 2007, persönliche Mitteilung). Bei einer für leichte und schwere Böden zu Grunde gelegten nFk von 100 bzw. 200 mm entspricht die mittlere nFk-Differenz von 22 Prozentpunkten einer Menge von 22 bzw. 44 mm Bodenwasser. Auf den Beregnungsstandorten Braunschweig und Müncheberg wird das Zweikulturnutzungssystem vergleichend mit einem reinen Hauptfruchtanbau bei unterschiedlicher Wasserversorgung untersucht.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Herbst 2005 als Spaltanlage mit vier Wiederholungen in Braunschweig und Müncheberg angelegt (Tab. 1). Als Erstkulturen wurden Winterroggen und Welsches Weidelgras angebaut. Bei der Hauptfruchtnutzung kamen in Braunschweig die abfrierende Winterzwischenfrucht Gelbsenf und in Müncheberg ein zu Vegetationsbeginn abgespritzter Winterroggen als Bodendecker zum Einsatz. Als Zweitkulturen folgten Mais, Futterhirse und Sonnenblume. Die Parzellengröße für die Erst- und Zweitkulturen betrug 144 bzw. 48 m^2. Die Bewässerung der Zweitkulturen erfolgte intensiv (>50% nFk) bzw. extensiv (nur Notfallbewässerung zur Kultursicherung). Die Bewässerungsmenge bei den Zweitkulturen im Jahr 2006 betrug bei extensiver Bewässerung in Braunschweig 21 mm und in Müncheberg 39 mm. Bei intensiver Bewässerung wurden, in Abhängigkeit von Kultur und Anbausystem, in Braunschweig 149 - 169 mm und in Müncheberg 189 - 219 mm bewässert.

Tab. 1: Charakterisierung der Versuchsstandorte.

	Braunschweig	Müncheberg
Bodenform	Bänderparabraunerde	Sandbraunerde
Bodenart	Schluffig-lehmiger Sand	Anlehmiger Sand
Höhe über NN	81 m	62 m
Mittlerer Jahresniederschlag	627 mm	523 mm
Mittlere Jahrestemperatur	9,1 °C	8,2 °C

Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
* Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Eberswalderstr. 84, 15374 Müncheberg

Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch wird zurzeit im zweiten Versuchsjahr durchgeführt, weshalb hier die einjährigen Versuchsergebnisse vorgestellt werden. Die Erstkulturen Grünroggen und Welsches Weidelgras erzielten in Braunschweig einen Trockenmasseertrag von 4,9 bzw. 4,8 t/ha und in Müncheberg einen Trockenmasseertrag von 6,4 bzw. 4,0 t/ha (Abb. 1). Unter den Zweitkulturen lieferte der Mais die höchsten Trockenmasseerträge, gefolgt von Futterhirse und Sonnenblume. Bei extensiver Bewässerung lagen die Trockenmasseerträge beim Zweikulturnutzungssystem in Braunschweig um durchschnittlich 4,5 t/ha und in Müncheberg um durchschnittlich 3,5 t/ha über denen beim Hauptfruchtanbau. Allerdings war in Müncheberg die Summe des Trockenmasseertrages von Winterzwischenfrucht plus Mais um 1,7 t/ha niedriger als der Trockenmasseertrag von Mais als Hauptfrucht. Durch die intensive Bewässerung konnte der Trockenmasseertrag bei der Hauptfruchtnutzung in Braunschweig um durchschnittlich 30% und in Müncheberg um 49% erhöht werden. Im Zweikulturnutzungssystem waren die bewässerungsbedingten Ertragssteigerungen von durchschnittlich 35% in Braunschweig und 84% in Müncheberg noch größer. Gemittelt über Wasserregime und Erstkulturen erbrachte die Futterhirse in Braunschweig einen Trockenmasseertrag von relativ 86% bezogen auf Mais, während sie auf dem Standort Müncheberg mit relativ 95% dem Mais fast ebenbürtig war. Die Sonnenblume erreichte in Braunschweig 52% und in Müncheberg 68% des Trockenmasseertrages von Mais.

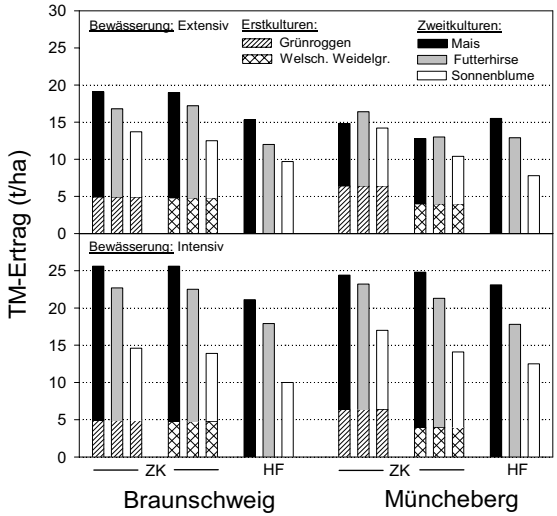


Abb. 1: Trockenmasseerträge 2005/2006 bei Zweikulturnutzung (ZK) und Hauptfruchtanbau (HF) in Abhängigkeit vom Bewässerungsregime. Für die Standorte Braunschweig und Müncheberg betragen die Grenz-Differenzen ($P < 0,05$) für Mittelwertvergleiche bei den Erstkulturen 0,2 bzw. 0,7 t/ha und bei den Zweitkulturen (über Wasserregime) 1,2 bzw.

Dieser Versuch wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger in einem bundesweiten Verbundprojekt (EVA) gefördert.

Literatur

Karpenstein-Machan, M. 2005. Energiepflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber. DLG Verlag, Frankfurt am Main, 89-112.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 202–203 (2007)

Nachhaltige Fruchtfolgesysteme für den konventionellen Energiepflanzenanbau in Österreich

Regina Hrbek[1/2], Bernhard Freyer[1], Thomas Amon[2] & Jürgen K. Friedel[1]

Einleitung

Die Biogaserzeugung ist eine Schlüsseltechnologie zur nachhaltigen Nutzung von agrarisch erzeugter Biomasse. Um die Nachhaltigkeit der Biogaserzeugung beurteilen zu können, bedarf es einer vollständigen Bewertung der gesamten Prozesskette. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Augenmerk auf die Bodenfruchtbarkeit, die Fruchtfolge und die Methanhektarerträge unterschiedlicher Fruchtfolgesysteme gerichtet. Das Hauptziel der Untersuchung bestand daher in der Entwicklung von standortangepassten konventionellen Fruchtfolgesystemen.

Material und Methoden

Um einen möglichst großen Teil an potentiell anbaubaren Kulturarten Österreichs einzubeziehen, wurden Regionen aus einem Trockengebiet, aus einem Übergangsbereich und aus den Nördlichen Randalpen ausgewählt.

Zur Gebietsabgrenzung wurde auf NUTS-III-Regionen zurückgegriffen. Bei den Untersuchungsregionen (Standorträumen) handelt es sich um:

I. Trockengebiet: NUTS III-Region Weinviertel
II. Übergangsgebiet: NUTS III-Region Mostviertel-Eisenwurzen, Teil NORD
III. Nördliche Randalpen: NUTS III-Region Mostviertel-Eisenwurzen, Teil SÜD

Aufbauend auf regionstypischen Modellfruchtfolgen mit standortüblichen Ertragsniveau, abgeleitet aus statistischen Daten und Erfahrungen der Beratung, wurden zwei Ansätze zur Bewertung der Potentiale von Fruchtfolgen zur Methanerzeugung modelliert:

1. Fruchtfolgen für den Energiepflanzenanbau (I) mit dem Ziel der Methanhektarertragsoptimierung unter Berücksichtigung ethischer und ökonomischer Rahmenbedingungen (Marktfrüchte werden verkauft; keine Vergärung von Stroh und Zwischenfrüchten)
2. Fruchtfolgen für den Energiepflanzenanbau (II) mit dem Ziel maximaler Methanhektarerträge (auch alle Nebenprodukte werden der Biogasanlage zugeführt)

Die Stammdaten für die Gasproduktion wurden aus KTBL (2005) und AMON et al. (2003) entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Methanhektarerträge der Fruchtfolgen I betragen 1100 bis 2800 $Nm^3\ ha^{-1}\ a^{-1}$ (Tabelle 1). Zu den Erzeugerpreisen 2004 war der Silomais die wirtschaftlichste Kultur im konventionellen Landbau. D. h. je höher der Silomaisanteil, desto höher ist das Einkommen bzw. der Methanhektarertrag. Die Fruchtfolgen II erzielen 3200 bis 4800 $Nm^3\ ha^{-1}\ a^{-1}$ (Tabelle). Bei den Fruchtfolgen II müssen die viehhaltenden Betriebe Kraftfutter zukaufen. Trotzdem kann es bei Betrieben mit Rinderhaltung zu einer Einkommenserhöhung durch zusätzliche Erlöse aus der Biogasproduktion kommen, allerdings bei steigendem Arbeitszeitbedarf (WALLA und SCHNEEBERGER 2005). Zusätzlich ergeben sich bei den viehhaltenden Betrieben noch Methanhektarerträge aus der vergorenen Rinder- bzw. Schweinegülle in Höhe von 100 – 300 $Nm^3\ ha^{-1}\ a^{-1}$ (in Tabelle 1 und 2 nicht berücksichtigt).

* Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme
[1] Institut für Ökologischen Landbau, Gregor Mendel Strasse 33, 1180 Wien
[2] Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Strasse 82, 1190 Wien *

Tabelle 1: Methanhektarerträge (Nm^3 ha^{-1} a^{-1}) konventioneller Fruchtfolgen (I) unter Berücksichtigung ethischer und ökonomischer Rahmenbedingungen

Standorträume	Fruchtfolgeglieder*	Nm^3 ha^{-1} a^{-1}
I. Weinviertel	1.1 a: Ohne Tierhaltung (mit Hackfrüchten): **1. Silomais,** 2. WW (ZF), 3. Kartoffel u. ZR (ZF), 4. SG (ZF)	1 076
	1.1 b: Ohne Tierhaltung (mit Ölsaaten): 1. WR u. LUZ, 2. WW (ZF), **3. Silomais**, 4. SG u. Triticale	1 076
II. Mostviertel – Eisenwurzen NORD	2.1 a: Ohne Tierhaltung: 1. WW, SL u. WR 2. WW (ZF), **3. Silomais**	2 057
	2.2 a: Mit Schweinehaltung (Mastschweine): 1. WR, SL u. SG, 2. Triticale u. WW (ZF), **3. Silomais**	2 057
	2.3 a: Mit Rinderhaltung (Milchkuh): 1. Kleegras, 2. Triticale (ZF), **3. Silomais**, 4. Triticale	1 544
III. Mostviertel – Eisenwurzen SÜD	3.1a: Mit Rinderhaltung (Milchkuh): 1. Kleegras, 2. Kleegras, 3. **Silomais (22**)** u. WW (3**) (ZF), **4. Silomais**	2 763

Legende: WW=Winterweizen, ZF=Zwischenfrucht, ZR=Zuckerrübe, SG=Sommergerste, WR= Winterraps, LUZ=Luzerne, SL=Stilllegung, Nm^3=Norm-Kubikmeter, *fett gedruckte Fruchtfolgeglieder werden in der Biogasanlage vergoren, **Schlagteilung – Angabe in % der gesamten Fruchtfolge

Tabelle 2: Methanhektarerträge (Nm^3 ha^{-1} a^{-1}) konventioneller Fruchtfolgen (II) mit dem Ziel maximaler Methanerträge

Standorträume	Fruchtfolgeglieder*	Nm^3 ha^{-1} a^{-1}
I. Weinviertel	1.1a: Ohne Tierhaltung: **1. Silomais, 2. Silomais, 3. WW^{+} (ZF), 4. SG (18** - GPS) u. ZR (7**)$^{\#}$ (ZF)**	3 216
II. Mostviertel – Eisenwurzen NORD	2.1 a: Ohne Tierhaltung: **1. WR*** (22,3**) + Rapspresskuchen u. SL (11**), 2. WW^{+} (ZF), 3. Silomais**	3 619
	2.2 a: Mit Schweinehaltung (Mastschweine): **1. WR*** (23,3**) + Rapspresskuchen u. SL (10**) (ZF), 2. Triticale (26,6** - Stroh) u. WW (6,7**)$^{+}$ (ZF), 3. Silomais**	3 849
	2.3 a: Mit Rinderhaltung (Milchkuh): **1. Kleegras, 2. Triticale (GPS) (ZF), 3. Silomais, 4. Triticale (GPS)**	3 155
III. Mostviertel – Eisenwurzen SÜD	3.1a: Mit Rinderhaltung (Milchkuh): **1. Kleegras, 2. Kleegras, 3. Silomais (21,7**) u. WW (3,3**)$^{+}$ (ZF), 4. Silomais**	4 753

Legende: siehe Tabelle 1, GPS=Ganzpflanzensilage, $^{+}$Stroh vergoren, Körner verkauft, $^{\#}$Rübenblatt wird vergoren (Rübenkopf zur Zuckergewinnung), ***Rapsrestpflanze (Körner zur Ölgewinnung)

Fazit

Im konventionellen Landbau können hohe Methanhektarerträge erreicht werden. Um dauerhaft Erfolg zu bringen, muss der Energiepflanzenanbau aber nach den Grundsätzen einer nachhaltigen Fruchtfolge gestaltet sein. Durch das Einsparen von Mineraldünger, kann ein großer Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Literatur

Amon, T. (2003): Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Kleegras. Endbericht Juli 2003. Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur, Wien. 88 S.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), (2005): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

Walla, C. und Schneeberger, W. (2005): Ökonomische Analysen zum Betriebszweig Energiepflanzenproduktion für Biogasanlagen. In: Austrian Biomass Association: Proceedings - Central European Biomass Conference 2005, 26. 29.1.2005, Graz; Eigenverlag, Wien.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 204–205 (2007)

Gärrückstände aus der Erzeugung von Biogas mit Energiepflanzen - Stoffkenngrößen und Variabilität

Karen Sensel & Frank Ellmer*

Einleitung

Ein bedeutendes Segment des derzeit wachsenden Bioenergiesektors ist die Biogaserzeugung. Der verstärkte Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen hat dabei nicht nur einen entscheidenden Einfluss auf die Biogasproduktion, sondern bestimmt auch die stofflichen Eigenschaften der entstehenden Gärrückstände /1/.

Material und Methoden

An Gärrückständen aus drei verschiedenen Biogasanlagen, die pflanzliche Biomasse als Mono- bzw. Kosubstrat fermentieren (Tab. 1), wurden Untersuchungen zur stofflichen Charakterisierung durchgeführt.

Tabelle 4: Kurzcharakterisierung der ausgewählten Biogasanlagen

	Eingangssubstrate	**Prozess-temperatur**[1)]	**Verfahrensführung**[2) 3)]
Biogasanlage A (Monofermentation)	Maissilage, Roggensilage, Getreideschrot	mesophil	2-stufig, 1-phasig, Endlager geschlossen
Biogasanlage B (Monofermentation)	Mais-, Kleegrassilage, Grüngut, Getreideschrot, Festmist, Kartoffeln	mesophil	2-stufig, 1-phasig; Endlager offen
Biogasanlage C (Kofermentation)	Rindergülle, Maissilage, Getreideschrot	mesophil	1-stufig, 1-phasig, Endlager offen

1) mesophil = 37 – 38 °C Prozesstemperatur
2) x-stufig = x entspricht der Anzahl der Vergärungsstufen bzw. der Gärbehälter
3) x-phasig = 1 (keine räumliche Trennung von Hydrolyse- und Methanisierungsstufe); 2 (räumliche Trennung von Hydrolyse- und Methanisierungsstufe)

Bei der bisher vorwiegenden pflanzenbaulichen Verwertung von Gärrückständen sind vor allem die Pflanzennährstoffkonzentrationen bezüglich Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) wichtige Kenngrößen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gärrückstände unterscheiden sich im TS- und oTS-Gehalt, dem pH-Wert und den Nährstoffgehalten ganz erheblich (Tab. 2).

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin, Tel.: 030-2093 9061 Fax: 030-2093 9065, e-mail: iasp@agrar.hu- berlin.de
* Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin, Tel: 030-3147 1209, Fax 030-3147 1211

Tabelle 2: Stoffkennwerte der Gärrückstände (GRST) der unterschiedlichen Biogasanlagen (Mittelwerte)

Biogasanlage	**TS**	**oTS**	**pH**	**N_{gesamt}**	**NH_4-N**	**P_{gesamt}**	**K_{gesamt}**	**C/N**
	%	% TS		kg*m^{-3}	kg*m^{-3}	kg*m^{-3}	kg*m^{-3}	
GRST A	5,0	76,3	8,1	4,04	2,91	0,44	3,13	7,7
GRST B	8,7	76,1	7,7	4,12	1,81	0,83	2,75	10,3
GRST C	4,7	74,4	7,6	3,42	2,26	0,51	2,74	5,2

Die Stickstoffgehalte in den einzelnen Gärrückständen betragen 4,04 kg m^{-3} (GRST A), 4,12 kg m^{-3} (GRST B) und 3,42 kg m^{-3} (GRST C). Ein hoher Eintrag an Stickstoff in den Gärrückstand ergibt sich unter anderem durch die verstärkte Verwendung proteinhaltiger pflanzlicher Substrate wie z. B. Getreideschrot oder Gras(silage) in den Anlagen A und B. Ein hoher Anteil des Gesamtstickstoffs im Gärrückstand liegt als Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) vor. In den Gärrückständen B und C beträgt der Anteil NH_4-N am N_{gesamt} 44 % respektive 66 %. Eine höhere NH_4-N-Konzentration mit 2,91 kg m^{-3} und folglich einem Anteil von 72 % am N_{gesamt} wurde im Gärrückstand der Biogasanlage A gemessen. Die Pflanzennährstoffe Phosphor und Kalium liegen in den untersuchten Gärrückständen in Konzentrationsbereichen zwischen 0,44 - 0,83 kg m^{-3} für Phosphor und 2,74 - 3,13 kg m^{-3} für Kalium.

Die Ergebnisse zeigen, dass Gärrückstände aus Biogasanlagen in Bezug auf ihre pflanzenbaulich relevanten Kenngrößen in weiten Grenzen variieren. Die Zusammensetzung hängt stark von der spezifischen Situation der Biogasanlagen ab. Insbesondere die Quantität und Qualität der eingesetzten pflanzlichen Substrate beeinflussen die Stoffkennwerte und Pflanzennährstoffverhältnisse in den Rückständen.

Literatur

/1/ Sensel, K.; Wragge, V.; Ellmer, F.; Aigeltinger, R.: "Mehr als Resteverwertung - Wie wertvoll sind Gärrückstände aus Biogasanlagen?" In: Neue Landwirtschaft 5, pp. 42-45 (2007)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 206–207 (2007)

Rückstände aus der Biogaserzeugung als Düngemittel bei Sommerweizen

Verena Wragge & Frank Ellmer

Einleitung

Etwa 3500 Biogasanlagen produzieren aktuell in Deutschland Energie aus Biomasse. Während des Biogasprozesses entsteht neben Gas und Wärme ein Gärrückstand, der in der Landwirtschaft als Dünger verwendet wird. Die Eigenschaften der Rückstände sind abhängig von den verwendeten Substraten und der Prozessführung. In einem Feldversuch wurden 2006 die Effekte von Mineralstickstoff und Gärrückstand auf die Bodenatmung unter Sommerweizen und den Ertrag untersucht.

Material und Methoden

Standort und Versuchsanlage: Der Versuch wurde in Berlin-Dahlem auf einem schwach schluffigen Sand durchgeführt. Die Temperatur beträgt im langjährigen Mittel (1971-2000) 9,6 °C und die Niederschlagshöhe 540 mm. Der Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Faktoren Düngerart und Stickstoffmenge in vier Wiederholungen angelegt. Angebaut wurde die Sommerweizensorte „Piccolo".
Verwendete Dünger: Für die mineralische Düngung wurde Kalkammonsalpeter verwendet. Der Gärrückstand stammte aus einer Biogasanlage in Brandenburg, in der im mesophilen Nassvergärungsverfahren Maissilage, Roggen-Ganzpflanzensilage und Getreidekorn vergoren wurden. Der entstandene Gärrückstand hatte einen Trockensubstanzgehalt (TS) von 6 %, davon waren 77 % organische TS. Der Stickstoffgehalt (N_{ges}) betrug 0,54 % in der Frischmasse (FM), davon lagen ca. 67 % in der Ammonium-Form vor. Die löslichen Phosphor- und Kaliumgehalte (P_{DL} und K_{DL}) lagen bei 0,09 % und 0,38 % in der FM. Der pH-Wert war mit 8,0 leicht alkalisch.
Bodenatmungsmessungen: Die Bodenatmung wurde im Feld mit einem tragbaren Soil Respiration System der Firma PP Systems (Großbritannien) gemessen. Die CO_2-Anreicherung unter der Bodenatmungskammer wurde in einem geschlossenen System gemessen und über eine Dauer von bis zu drei Minuten vom Infrarot-Gasanalysator bestimmt (Parkinson, 1981; Blanke, 1996). Die Messungen erfolgten ab fünf Wochen nach der Düngung wöchentlich.

Ergebnisse und Diskussion

Als Maß für die mikrobielle Aktivität des Bodens wurde die Boden- oder Basalatmung gemessen. Sie entsteht bei der Oxidation von organischem Material durch heterotrophe Mikroorganismen und der Respiration von Pflanzenwurzeln. Dadurch ist sie stark abhängig von der Temperatur und dem Wassergehalt des Bodens. Die absoluten Werte unterliegen somit temporär starken Schwankungen. Anhand von Messungen innerhalb eines Tages konnten jedoch die verschieden gedüngten Varianten verglichen werden (Abb. 1). Sechs Wochen nach der Ausbringung der Dünger war die Bodenatmung in den gedüngten Varianten gegenüber der ungedüngten Kontrolle erhöht. Auf dem mit Mineralstickstoff gedüngten Boden wurde eine um 44 % erhöhte Respiration gemessen, auf dem mit Gärrückstand gedüngten Boden war sie um 27 % höher. Dieser Effekt war bis acht Wochen nach Düngung messbar. Die Unterschiede in der Bodenatmung gegenüber der ungedüngten Kon-

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften,
Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

trolle betrugen zu diesem Zeitpunkt 50 % nach mineralischer N-Düngung und 18 % nach Düngung mit Gärrückstand. Etwa zehn Wochen nach Ausbringung der Dünger glichen sich die Varianten in der Höhe der Bodenatmung an, so dass keine Unterschiede mehr messbar waren.

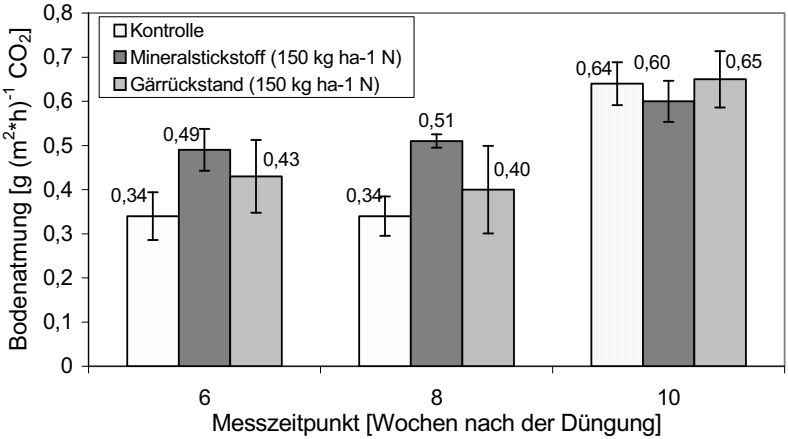


Abb. 1: Bodenatmung unter Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngerart an drei Messterminen (Fehlerbalken = Standardabweichung)

Die beiden Düngerformen hatten im Wesentlichen die gleiche Wirkung auf die Bodenatmung. Das zeigt, dass die zunächst verbesserte mikrobielle Aktivität des mit Gärrückstand gedüngten Bodens nicht auf das zugeführte organische Material zurückzuführen ist, sondern hier eher ein Nährstoffeffekt vorliegt. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von Kautz *et al.* (2004) gefunden.

Tab. 1: Korn- und Stroherträge von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngerart

Düngevariante	Kornertrag (dt ha^{-1} TM)	Strohertrag (dt ha^{-1} TM)
Kontrolle (ungedüngt)	29,6	33,6
Mineralstickstoff (150 kg ha^{-1} N)	36,8	55,1
Gärrückstand (150 kg ha^{-1} N)	36,2	60,8

Die Kornerträge des Sommerweizens lagen zwischen 30 und 36 dt ha^{-1} TM (Tab. 1). Durch die Düngung mit Mineralstickstoff und Gärrückstand wurden um 22-24 % höhere Erträge gegenüber der ungedüngten Kontrolle erzielt. Die Stroherträge lagen zwischen 34 und 61 dt ha^{-1} TM. Die Mehrerträge durch Düngung lagen hier bei 64 % durch Mineralstickstoff und bei 81 % durch Gärrückstand.

Literatur

Blanke, M.M. 1996: Soil Respiration in an apple orchard. Environmental and Experimental Botany 36 (3): 339-348.

Kautz, T.; S. Wirth und F. Ellmer 2004: Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. European Journal of Soil Biology 40: 87-94.

Parkinson, K.J. 1981: An improved method for measuring soil respiration in the field. Journal of Applied Ecology 18: 221-228.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 208–209 (2007)

BIOGAS- EXPERT – Untersuchung der Ertragspotentiale und des Stickstoffhaushaltes in ausgewählten Biogasfruchtfolgen Schleswig-Holsteins

Andreas Pacholski, Klaus Dittert*, Helga Andree**, Eberhard Hartung**, Antje Herrmann***, Henning Kage, Klaus Sieling & Friedhelm Taube***

Einleitung

Wie in der gesamten Bundesrepublik besteht in Schleswig-Holstein seit Inkrafttreten des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) ein verstärkter Trend zur Installation von Biogasanlagen (2005: ca 50, Ende 2007 > 200). Der langfristig ökonomisch tragfähige Ausbau der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein setzt eine bedarfsgerechte Bereitstellung geeigneter Substrate voraus. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft schließt dies die Abnahme und Verwertung der in der Fermentation anfallenden Gärreste ein. Eine nachhaltige Optimierung der Biogasproduktion muss daher die Umweltauswirkungen über die gesamte Prozesskette berücksichtigen. Die Abschätzung der ökologischen und raumwirksamen Konsequenzen dieser Entwicklung sowie möglicher damit verbundener Interessenskonflikte ist von zentraler Bedeutung, um energetische Biomassepfade ökologisch verträglich auszubauen. Zur Bewertung der verschiedenen Produktionssysteme zur Bereitstellung von Biogassubstraten ist ein systemorientierter Ansatz, der die Effekte variierter Produktionstechnik auf die Stoffflüsse im gesamten System berücksichtigt, notwendig.

Ziele des Verbundprojektes

Das Verbundprojekt „BIOGAS-EXPERT“ (BIOGAS-EXPERT 2007, **Abb. 1**) wurde im Rahmen des Kompetenzzentrums Biomassenutzung Schleswig-Holstein eingerichtet, um in zwei Projektphasen für zwei repräsentative Standorte Schleswig-Holsteins in der Geest (Versuchsgut Karkendamm) und im Hügelland (Versuchsgut Hohenschulen) einen systemorientierten Ansatz zu etablieren.

Phase I (2006-2009, bereits bewilligt)

Landschaftsraumbezogen sollen Stoffflüsse (N,C) im System Boden-Pflanze-Fermenter repräsentativ erfasst, die Sensitivität produktionstechnischer Maßnahmen auf die Ausprägung von Verlustpfaden (Ammoniak, klimarelevante Gase und N-Sickerwasseraustrag) quantitativ ermittelt, sowie die Wirkung der Gärrestapplikation auf die Ertragsbildung der Energiepflanzen, die Bodenfruchtbarkeit (Humus-C) und die Methanausbeute des Substrats bestimmmt werden.

Phase II (2009-2011, beantragt)

Bestehende Modellansätze zur Abbildung der Stoffflüsse und Verlustpfade im System Boden-Pflanze-Fermenter sollen auf Betriebsebene mit den erhobenen Daten parametrisiert, und diese Modellansätze verknüpft und auf Basis repräsentativer Landschaftsräume (Hügelland, Geest) regionalisiert werden. Dieses

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Acker- und Pflanzenbau Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel,
Kontakt: pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de
* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Abteilung Pflanzenernährung,Olshausenstraße 40- 60, 24118 Kiel
** Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Strasse 6, 24118 Kiel
*** Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann- Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

Paket soll dann als ein Beratungs-Tool implementiert werden und für die einzelbetriebliche Umsetzung einer guten fachlichen Praxis sowie als ein landschaftsraumbezogenes Planungsinstrument für die Politik herangezogen werden.
Grundlage der Arbeiten sind experimentelle Untersuchungen von ca. 2,5 Jahren Dauer (Teilprojekte 1-5). Die Teilprojekte 6 und 7 in Phase II widmen sich der zusammenfassenden Synthese der Teilergebnisse, wobei das abschließende Resultat ein biophysikalisches Prozessmodell für die Stoffflüsse im System Boden-Pflanze (TP6) bzw. ein mathematischen Modell zur Planung und Optimierung des Biogasprozesses (TP 7, Prozessmodell) sein wird.

Umsetzung in der ersten Projektphase
In der Projektphase I wurde begonnen, auf den zwei ausgewählten repräsentativen Standorten charakteristische Szenarien im Hinblick auf die Energiepflanzen-produktion abzubilden, und in vernetzten Teilprojekten (TP 1- 5) die Stoffflüsse im Produktionssystem zu ermitteln.

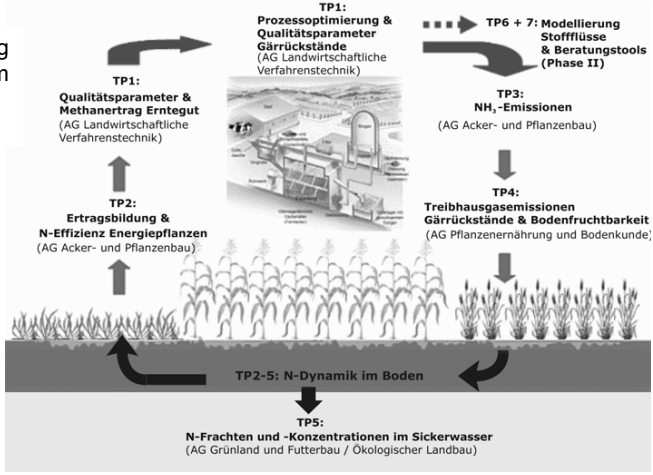


Abb. 1: Verknüpfung der Teilprojekte im Verbundprojekt „BIOGAS-EXPERT“

Teilprojekt 1: Substratqualität/ Methanausbeute und Prozess-Steuerung im Fermenter (Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik)
Teilprojekt 2: Ertragsbildung und N-Effizienz (Acker- und Pflanzenbau gemeinsam mit Gruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau)
Teilprojekt 3: Ammoniakemission (Acker- und Pflanzenbau)
Teilprojekt 4: Treibhausgasemissionen und Bodenfruchtbarkeit (Pflanzenernährung).
Teilprojekt 5: Auswirkung der Gärrestapplikation auf das N-Auswaschungspotential unterschiedlicher Fruchtfolgen (Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau).
Teilprojekt 6: Modellkopplung und Regionalisierung (GIS) (Acker- und Pflanzenbau & Gruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau).
Teilprojekt 7: Entwicklung eines mathematischen Modells zur Planung und Optimierung des Biogasprozesses (Gruppe Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik).

Literatur:
BIOGAS-EXPERT, 2007, www.biogas-expert.uni-kiel.de

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 210–211 (2007)

Biomassepotenziale von Energiefruchtfolgen – Szenarienberechnungen zur Trockenmasseproduktion und Wassernutzungseffizienz unter unterschiedlichen Wasserregimen

Babette Wienforth, Nikolai Svoboda, Klaus Sieling, Hela Mehrtens, Antje Herrmann, Friedhelm Taube & Henning Kage

Einleitung

In Deutschland besteht ein verstärkter Trend zur Nutzung von Biomasse für die Biogasproduktion. Der Anbau von Mais in Monokultur (hohes Ertragspotenzial) zur Erzeugung dieser Biomasse ist derzeit übliche Praxis. Insbesondere in Schleswig-Holstein scheint eine Optimierung der Biomasseproduktion über die Fruchtfolgewahl diskussionswürdig. Einerseits schränken vergleichsweise niedrige Jahresmitteltemperaturen die Anbauwürdigkeit von Mais ein, andererseits begünstigen hohe Jahresniederschlagssummen die Intensivierung von Energiefruchtfolgen durch Winterzwischenfrüchte. Weiterhin muss eine Umwidmung von Grünlandflächen des Futterbaus hin zur energetischen Nutzung der Biomasse als wahrscheinlich angenommen werden. Im Rahmen des Verbundprojektes BIOGAS-EXPERT (siehe Pacholski *et al.*, 2007) soll u. a. die Frage nach geeigneten Energiefruchtfolgen experimentell untersucht und zur genaueren Abschätzung modelliert werden. Für eine erste Betrachtung wurde eine Simulationsstudie (1970-2006) durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zu Ertragsleistung und Wasserhaushalt zweier Fruchtfolgen (Maismonokultur vs. Dauergrünland) auf zwei unterschiedlichen Standorten (maritim vs. kontinental) vorgestellt.

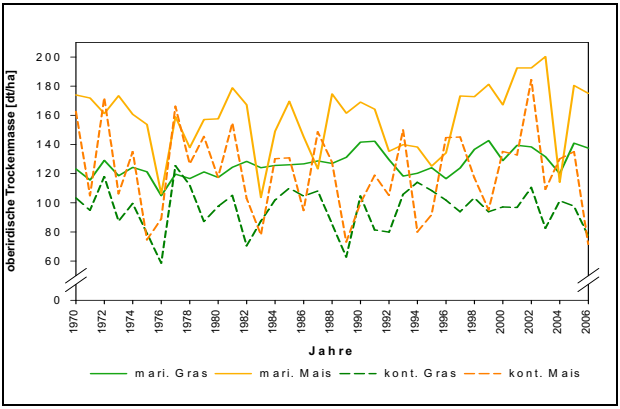


Abb. 1: Ertrag dargestellt als oberirdische Trockenmasse [dt TM /ha] von Mais und Grünland auf einem kontinentalen (kont.) und einem maritimen (mari.) Standort.

Material und Methoden

Das verwendete Modell besteht aus Modulen des Bodenwasserhaushalts (potenzialbasiertes Schichtenmodell), der Evapotranspiration (nach Penman-Monteith) und des Pflanzenwachstums. Letztere wurden aus FOPROQ (Kornher und Torssell 1983) abgeleitet. Alle Module wurden in die Modellumgebung HUME (Kage *et al.* 2001b) implementiert. Der kontinental (maritim) geprägte Standort weist eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9.2 °C (8.7 °C) bei einer Jahresniederschlagssumme von 508 mm (776 mm) auf. Die Böden wurden für beide Standorte als Parabraunerde-

Christian-Albrechts-Universität; wienforth@pflanzenbau.uni-kiel.de

Braunerde parametrisiert. Den Pflanzenmodulen lagen eine frühe Silomaissorte sowie ein Dauergrünland in 4-Schnittnutzung zu Grunde. Die maximale Durchwurzelungstiefe wurde für Mais auf 90 für Gras auf 60 cm eingestellt. In die Berechnung des Ertrags und des Wasserhaushaltes von Dauergrünland geht ein Winteraufwuchs mit ein.

Ergebnisse und Diskussion

Auf dem maritimen Standort erzielte Mais mit durchschnittlich 158 dt/ha die höchsten Trockenmasseerträge (Abb. 1). Grünland produzierte im Mittel 127 dt/ha. Auf dem kontinentalen Standort erreichte der Mais mittlere Erträge, die 27 % (Grünland 21 %) niedriger lagen als jene unter maritimen Bedingungen. Auch war hier die Ertragsstabilität deutlich geringer. So lagen die Variationskoeffizienten (%) der oberirdischen Trockenmassenproduktion auf dem maritimen (kontinentalen) Standort für Mais bei 15.0 (24.3) und für Gras bei 6.9 (15.5). Der Vergleich beider Kulturarten belegt unabhängig vom Standort eine höhere Ertragsstabilität für Grünland. Mais wies auf dem maritimen Standort mit einer mittleren TR von 0.9 gegenüber dem kontinentalen Standort (0.7) geringere Differenzen zwischen aktueller und potenzieller Transpiration auf (Tab. 1). Dies war beim Grünland im Vergleich der beiden Standorte ähnlich, jedoch lag das Grünland immer unter den Werten von Mais. Die Produktivität der Transpiration (PT) als Maß der Wassernutzungseffizienz tendierte im Vergleich der Kulturarten und Standorte analog zu den TR-Werten. Diese Ergebnisse dokumentieren den deutlichen Effekt des Wasserhaushaltes auf die Produktivität der Kulturarten auf den unterschiedlichen Standorten. Mais als wassernutzungseffiziente C4-Pflanze mit einem größeren maximalen Wurzeltiefgang (90 cm), (Grünland, 60 cm) erzielte auf beiden Standorten höhere Erträge. Die ertragsstabilere Kulturart war jedoch das Grünland (Tab. 1). Begründet wird dies durch die zeitliche Verteilung der Verfügbarkeit des Wassers innerhalb der Vegetationsperiode. Der erste ertragreiche Grünlandaufwuchs unterlag verglichen mit den Folgeaufwüchsen auf beiden Standorten einem relativ geringen Trockenstress (siehe Svoboda et al., 2007), was ausgleichend auf den Gesamtertrag wirkte. Die höhere Ertragsvariabilität beider Kulturarten auf dem kontinentalen Standort kann durch die höhere und länger andauernde Trockenheit begründet werden, da Wasser auf diesem Standort eindeutig der limitierende Faktor war.

Tab. 1: Kum. aktuelle Transpiration / kum. potenzielle Transpiration (TR) u. Produktivität der Transpiration (PT) für Grünland u. Mais auf zwei Standorten.

	maritim		*kontinental*	
	Gras	*Mais*	*Gras*	*Mais*
TR [-]	0.8	0.9	0.6	0.7
PT [g/l]	3.6	8.0	3.2	9.9

Literatur

Kage, H., C. Alt und H. Stützel 2001b: Predicting dry matter production of cauliflower (Brassica oleracea L. botrytis) under unstressed conditions. I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production. Scientia Horticulturae 87, 155-170.

Kornher, A. und B.W.R. Torssell 1983: Estimation of parameters in a yield prediction model for temporary grassland using regional experimental data. Swedish Journal of Agricultural Research 13, 137-144.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 212–213 (2007)

Auswirkungen von Energiefruchtfolgen auf den Bodenwasserhaushalt – Szenarienberechnungen unterschiedlicher Wasserregime

Nikolai Svoboda, Babette Wienforth*, Hela Mehrtens, Klaus Sieling*, Antje Herrmann, Henning Kage* & Friedhelm Taube

Einleitung

In Deutschland ist in den letzten Jahren ein Trend zum Anbau von Energiefrüchten zur Biogaserzeugung zu verzeichnen. Hierbei wird zurzeit der Maisanbau in Monokultur aufgrund des hohen Ertragspotenziales favorisiert. Fruchtartbedingt ist dabei der Boden außerhalb der Wachstumsperiode unbedeckt, was zu erhöhten N-Austragsrisiken über den Sickerwasserpfad führt. Im Rahmen des Verbundprojektes BIOGAS-EXPERT (siehe Beitrag Wienforth et al.) soll unter anderem die Frage nach geeigneten Energiefruchtfolgen in Bezug auf deren Auswaschungsrisiko experimentell untersucht werden. Für eine erste Betrachtung wurde eine Simulationsstudie (1970-2006) unter besonderer Berücksichtigung des Bodenwasserhaushaltes durchgeführt. Als Ergebnisse werden in diesem Beitrag Vergleiche zweier Fruchtfolgen (Maismonokultur vs. Dauergrünland) auf zwei Standorten (maritim vs. kontinental) dargestellt.

Material und Methoden

Implementiert in die klassenorientierte Modellumgebung HUME (Kage et al. 2001a, Kage et al. 2001b) beschreiben verschiedene Module den Bodenwasserhaushalt (potenzialbasiert), die Evapotranspiration (Penman-Monteith) und das Pflanzenwachstum (abgeleitet nach FOPROQ, Kornher und Torssell 1983, Herrmann et al. 2005). Die dieser Studie zugrunde gelegten Standorte unterscheiden sich deutlich hinsichtlich klimatischer Rahmenbedingungen. Der kontinental geprägte Standort weist eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,2 °C bei 508 mm Jahresniederschlag auf. Der maritime ist gekennzeichnet durch eine geringere Jahresdurchschnittstemperatur (8,7 °C) bei deutlich höheren Jahresniederschlägen (776 mm). Die Bodenparameter sind annähernd gleich gestaltet worden, um die klimatischen und pflanzenbaulichen Einflüsse auf den Wasserhaushalt, zu fokussieren. Es handelt sich um tiefgründige Parabraunerde-Braunerden aus Geschiebemergel (maritim) und Sandlöss (kontinental). Für das Dauergrünland in intensiver 4-Schnittnutzung wurde eine Durchwurzelungstiefe von 60 cm (die frühe Maissorte: 90 cm) angenommen. Die Bilanzierungstiefe für die Berechnung der Sickerwasserspende lag bei 120 cm.

Tab.1: Anzahl der Tage mit nFK <50 % und nennenswertem (>0,5 mm) Sickerwasseranfall (SiWa) im Mittel des Simulationszeitraumes über 36 Jahre.

	kontinental				**maritim**			
	Grünland		**Mais**		**Grünland**		**Mais**	
	SiWa	**nFK**	**SiWa**	**nFK**	**SiWa**	**nFK**	**SiWa**	**nFK**
Jan	25	**0**	27	**0**	30	**0**	30	**0**
Feb	25	**0**	25	**0**	27	**0**	21	**0**
Mrz	18	**7**	20	**0**	24	**0**	15	**0**
Apr	8	**20**	12	**2**	16	**1**	4	**0**
Mai	1	**31**	3	**10**	3	**13**	6	**0**
Jun	0	**30**	3	**15**	1	**19**	5	**0**
Jul	0	**31**	1	**27**	3	**16**	2	**6**
Aug	0	**31**	0	**30**	4	**15**	5	**10**
Sep	0	**31**	0	**28**	5	**9**	16	**9**
Okt	0	**29**	0	**22**	18	**0**	29	**1**
Nov	4	**19**	5	**9**	28	**0**	30	**0**
Dez	13	**8**	14	**1**	31	**0**	28	**0**

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, *Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Ergebnisse und Diskussion

In Tab.1 ist die Anzahl der Tage mit einer nutzbaren Feldkapazität (nFK) kleiner 50 % dargestellt. Dieser Zustand wurde am maritim beeinflussten Standort im Mittel über den Betrachtungszeitraum nur in sieben (Grünland) bzw. fünf (Mais) Monaten erreicht. Auf dem kontinentalen Standort fiel der Bodenwassergehalt an deutlich mehr Tagen pro Monat und mehr Monaten insgesamt unter 50 % nFK. Zu einer vollständigen Auffüllung und somit zur Sickerung, kam es im Mittel über den Simulationszeitraum unter Grünland (Mais) in den Monaten November bis Mai (November bis Juli). Unter maritimen Bedingungen wird der Bodenwasserspeicher deutlich häufiger bis zur Sickerung aufgefüllt. Sowohl die Standorte, als auch die entsprechenden Fruchtfolgen unterscheiden sich in Bezug auf die Sickerwasserbildung deutlich (Abb. 1). Unter maritimen Einflüssen wird in der Regel mehr Sickerwasser gebildet. Hier fallen unter Grünland im Jahresdurchschnitt 267 mm an. Bei Annahme einer Maismonokultur erhöht sich dieser Wert um 9 %. Am kontinental geprägten Standort werden unter Grünland im Jahresdurchschnitt 66 mm Sickerwasser gebildet und unter Mais 62 % mehr. Diese Unterschiede werden durch die höheren Niederschläge des maritimen Standortes einerseits und den geringeren jährlichen Wasserbedarf des Maises andererseits begründet. Im Mittel werden unter maritimen Bedingungen unter Grünland (Mais) 36 % (38 %) und unter kontinentalen unter Grünland (Mais) 9 % (20 %) der Jahresniederschläge versickert.

Die Simulation von Fruchtfolgen mit dem hier eingesetzten Modell ermöglicht eine Quantifizierung der Ausschöpfung der nFK und darüber hinaus die Berechnung der Sickerwassermenge unterschiedlicher Standorte. In der Weiterentwicklung wird das Modell um die Parametrisierung weiterer Energiefruchtfolgen ergänzt und wird detaillierte Aussagen über N-Verluste mit der Sickerwasserphase zulassen.

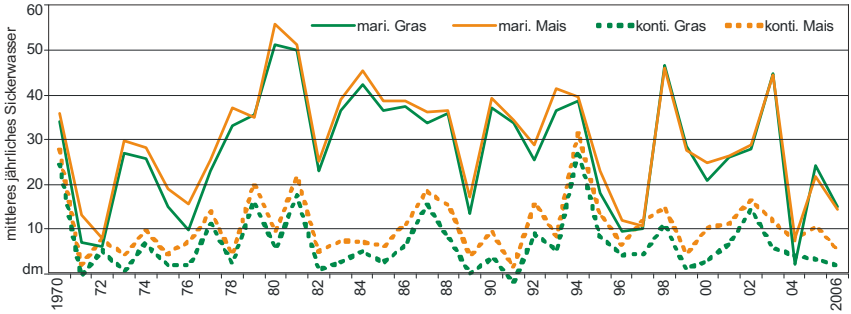


Abb.1: Sickerwasserbildung unter kontinentalen (konti) und maritimen (mari) Bedingungen. Gegenüberstellung der Fruchtfolgen Maismonokultur und Dauergrünland.

Literatur

HERRMANN, A., KORNHER, A. und TAUBE, F. (2005): A reliable, low-input prognosis tool for forage maize production. *Agricultural and Forest Meteorology* 130, 95-111.

KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001a): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based model modules. *Scientia Horticulturae* 87, 171-190.

KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001b): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions. I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production. *Scientia Horticulturae* 87, 155-170.

KORNHER, A. und TORSSELL, B.W.R. (1983): Estimation of parameters in a yield prediction model for temporary grassland using regional experimental data. *Swedish Journal of Agricultural Research* 13, 137-144.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 214–215 (2007)

Einsatz des N-Sensors im Field Scann Modus zur Identifizierung von Pflanzenkrankheiten

Kerstin Gröll, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Pflanzenkrankheiten zählen weltweit zu den wichtigsten ertragslimitierenden Faktoren. Im Sinne eines teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes ist es wünschenswert, Fungizid- oder Insektizidapplikationen nur in den Bereichen eines Schlages durchzuführen, wo der Erreger auftritt. Precision Farming Technologien haben daher das Potenzial den Einsatz von Fungiziden auf einzelne Teilflächen zu reduzieren und somit variable Kosten im Betrieb einzusparen sowie Umweltbelastungen zu minimieren. Grundlage für eine teilflächen-spezifische Applikation von Fungiziden ist jedoch die räumliche Erfassung der Pathogene. Zur Zeit sind keine Sensorsysteme verfügbar, die fahrzeuggestützt den Krankheitsbefall identifizieren und quantifizieren. Im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung ist es daher notwendig Sensorsysteme zu entwickeln, die eine räumlich differenzierte Identifizierung und Quantifizierung von Pathogenen und darauf aufbauend eine teilflächenspezifische Steuerung der Fungizidapplikation ermöglichen. Ziel dieser Studie war zu testen, in wie weit der N-Sensor betrieben im Fieldscan-Modus zur Identifizierung von Pflanzenkrankheiten herangezogen werden kann.

Material und Methoden

In ersten Modellansätzen wurden in Feldversuche auf der Versuchstation Ihinger Hof (48°44´ N, 8°56´E; 687 mm, 7.9 °C) der Universität Hohenheim die Eignung des Yara N-Sensors im Fieldscan-Modus zur Erkennung von Pflanzenkrankheiten getestet. Der N-Sensor berechnet anhand der Reflexionswerte den Chlorophyllgehalt und ermittelt damit, unter Annahme einer Korrelation des N-Versorgungsgrades mit dem Pigmentgehalt, den N-Status der Pflanze. Unter Stress, wozu auch ein Pathogenbefall mit *Septoria tritici* zu zählen ist, kommt es generell zu einer Reduktion des Chlorophyllgehaltes. Aufgrund dieser Überlegung kommt auch der N-Sensor zu Identifizierung von Pflanzenkrankheiten in Frage. Bei dem Yara N-Sensor handelt es sich um ein System, das in 2 m Höhe auf dem Schlepperdach montiert die Reflexionsdaten des Vegetationsbestandes in einer Breite von 6 m Aufnahmefläche auf jeder Seite misst. Dieses Gerät besitzt keine eigene Lichtquelle, misst aber die Stärke des einfallenden Lichtes und berechnet selbstständig den Referenzstandard. Zur Durchführung der Messungen wurde auf der Versuchstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim ein Großparzellenversuch mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellen hatten hierbei eine Größe von 50 m * 12 m und es wurden die Fungizidstufen Ohne Fungizid, 50 % Fungizid und 100 % Fungizid angelegt. Winterweizen der Sorte Campari wurde am 13. Oktober 2006 mit einer Saatstärke von 300 Körner m^{-2} ausgesät. Die Düngung erfolgte schlageinheitlich in drei Teilgaben, wobei insgesamt 200 Kg N ha^{-1} in Form von Kalgamonsalpeter (KSK) ausgebracht wurde. Die Reflexionsmessungen mittels des Yara N-Sensors® (Yara, Deutschalnd) wurden wöchentlich ab EC 39 durchgeführt. Hierbei wurde der Yara-N-Sensor im Fieldscan-Modus verwendet. Es wurden die Wellenbereiche 450 nm, 500 nm, 510 nm, 520 nm, 550 nm, 600 nm, 620 nm, 640 nm, 660 nm, 680 nm, 700 nm, 720 nm, 730 nm, 740 nm, 750 nm, 760 nm, 780 nm, 800 nm und 850 nm.

Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr.23, 70599 Stuttgart

Bei der statistischen Auswertung wurde als Lagemaß der Mittelwert verwendet und als Streuungsmaß der Standartfehler. Unter der Verwendung des Statistik-programmes Sigma Stat 3.5 (Systat Software, USA) wurden einfaktorielle Varianz-analysen und ein Multipler Mittelwertsvergleich über ein Tukey-Test (α = 0,05) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse zeigen, dass ein Krankheitsbefall, hier vor allem mit *Septoria tritici*, mittels des Yara-N-Sensor in den getesteten Wellenlängenbereiche 450 nm, 500 nm, 510 nm, 520 nm, 550 nm, 600 nm, 620 nm, 640 nm, 660 nm, 680 nm, 700 nm, 720 nm, 730 nm, 740 nm, 750 nm, 760 nm, 780 nm, 800 nm und 850 nm. nicht erkannt werden konnten. In keinem der getesteten Wellenlängenbereiche und zu keinem Messtermin konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Betrachtet man Abbildung 1 ist jedoch eine tendenzielle Abnahme der Reflexion unter Pflanzen-krankheiten im infraroten Bereich zu erkennen. Da in den Arbeiten von z.B. Franke et al (2005), Lorenzen und Jensen (1989) und West et al. (2003) gezeigt werden konnte, dass ein Erkennen von Pflanzenkrankheiten mittels Reflexionsmes-sungen möglich ist, sollen im Verlauf dieser Arbeit noch weitere Wellenlängen-bereiche vor allem im infraroten Bereich getestet werden.

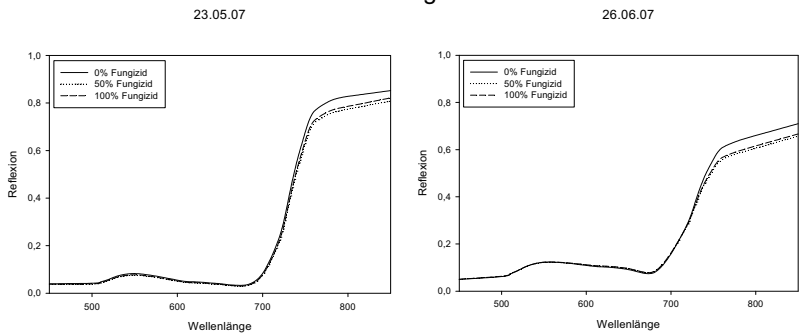


Abb. 1: Dargestellt ist die Reflexion gemessen dem Yara N-Sensor in dem Wellenlägenbereich 450-850 nm am 23.05.07 sowie 26.06.07.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass ein Erkennen von Pflanzen-krankheiten mittels des Yara N-Sensors in den getesteten Wellenlängenbereichen nicht möglich war, dass aber in weiteren Versuchen andere Wellenlängenbereiche von allem im infraroten Bereich getestet werden müssen, um eine Aussage über die Eignung des N-Sensors zu Detektion von Pflanzenkrankheiten zu machen.

Literatur

Franke, J., Menz, G., Oerke, E.-C. and Rascher, U. 2005. Comparison of multi- and hyperspectral imaging data of leaf rust infected wheat plants. Proceedings of the SPIE, Volume 5976: 349-359.

Lorenzen, B., Jensen, A. 1989. Changes in leaf spectral properties induced in barley by cereal powdery mildrew. Remote Sensing Environment 27: 201-209.

West, J.S., Bravo, C., Oberti, R., Lemaire, D., Moshou, D. and McCartney, H.A. (2003): The potential of optical canopy measurement for targeted control of field crop diseases. Annual Review of Phytopathology, Vol. 41: 593-614.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 216–217 (2007)

Evaluation of different sensor technologies at different scales to detect plant diseases in winter wheat

Simone Graeff, Johanna Link, Marlene Uphaus, Kerstin Gröll & Wilhelm Claupein

Introduction

Agriculture incurs significant costs annually in diseases control. Sensor technologies in precision farming lag behind in its use of suitable online-techniques to guide the design and application of strategies and tactics for site-specific disease control. The site-specific management of diseases has been difficult to achieve because suitable sensor tools have not been available and are sparely available yet. On the other hand, existing sensor technologies in the area of e.g. fertilizer management are now widely accepted by scientists and farmers as being valuable tools to help design management strategies and extrapolate these technologies to areas beyond the original purpose. The aim of this project was to foster the development of a suitable, site-specific sensor technology for the detection of plant diseases. Different sensor systems at different spatial scales (leaf, canopy, and field) were tested and evaluated for their suitability of detecting plant diseases. The earliness of disease detection and the possibility of quantification were to major criteria as well as the handling and transferability of the tested techniques to practice.

Material and Methods

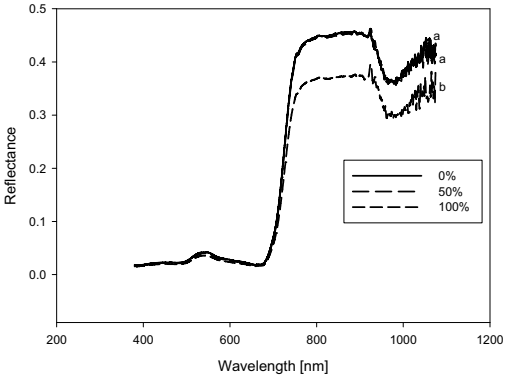
A field study was carried out at the research station Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 693 mm, 8.1 °C). of the University of Hohenheim in 2006/07. A winter wheat field cv. Campari was treated with different amounts of fungicide (0 %, 50 %, 100 %) Opus Top® (Epoxiconazol + Fenpropimorph) at growth stage 32 in order to evoke different levels of plant disease infection. Disease infection was based on natural outbreak of diseases. Plant and leaf reflectance of diseased plants was taken in relevant growth stages from flag leaf stage until end of June. Reflectance was measured with a digital camera (LEICA S1 PRO, LEICA Camera AG, Solms, Germany), with the spectroradiometer Field Spec® Hand Held (ASD, Inc. Boulder, CO, USA) and the Yara N-Sensor in the fieldscan-modus. With the digital camera leaf scans were taken in the wavelengths 380, 490, 510, 516, 540 and 600 nm as well as in the near infra-red 490, 510, 516, 540 and 600 IR. Leaf scans were taken at the youngest fully developed leaf and were evaluated in the L*a*b-colour system (CIE, 1986). With the Field Spec® Hand Held, the reflectance of the wheat canopy was measured in the spectrum 325-1075 nm in 1 nm intervals 2 m above the canopy level. Measurements with the Yara N-Sensor (Yara, Germany) were carried out in the wavelength ranges 450, 500, 510, 520, 550, 600, 620, 640, 660, 680, 700, 720, 730, 740, 750, 760, 780, 800, and 850.

Statistical analyses were performed with Sigma Stat 3.5 (Jandel Scientific Corp, San Rafael, CA). Differences between experimental groups were tested for by fully factorial analysis of variance (ANOVA). Tukey tests were carried out for comparison of means. Least squares regressions between reflectance values and visually assessed disease infection level were obtained.

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart
graeff@uni-hohenheim.de

Results and Discussion

Results of the different sensor measurements indicated that disease infection, which was mainly caused by *Septoria tritici*, lead to significant reflectance changes especially within the near infrared spectra. Reflectance chances could be detected with the digital camera Leica S1 and the spectroradiometer Field Spec® at an infection level of 20 % diseased leaf area. Reflectance of diseased plots was significantly higher than reflectance of healthy plants (Fig. 1).



Further, reflectance changes determined with the digital camera enabled also the quantification of infection level with R = 0.74 (Fig. 2), while a quantification was not possible based on the Field Spec® data. No reflectance changes were observed within the chosen wavelength ranges of the Yara N-Sensor.

Fig. 1. Reflectance changes measured with the spectroradiometer Field Spec® at an infection level of 20 %.

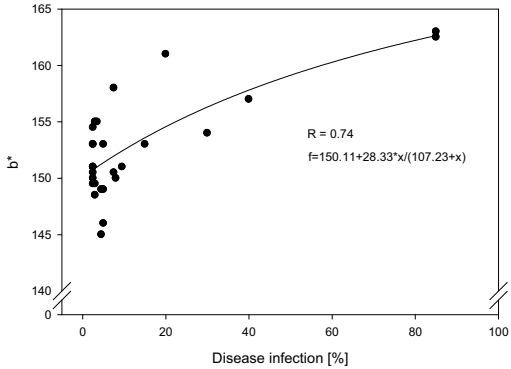


Fig. 2. Correlation between reflectance changes determined with the Leica S1 Pro camera and visually determined infected leaf area.

Overall, the results indicated that it may be possible to determine plant diseases with sensor technologies. Further studies in this area are warranted.

Literatur

CIE (1986): Colorimetry 2nd ed., Publication CIE No. 15.2.Vienna: Commision Internationale de l'Eclaiage.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 218–219 (2007)

Quantifizierung der Vitalität von Mais nach Behandlung mit Herbiziden anhand fernerkundlicher Daten

Dominik Dicke & Jan Jacobi

Einleitung

Pflanzenschutzmittel können bei ungünstigen Witterungsbedingungen oder Applikationsfehlern des Anwenders ihre Wirkung verfehlen und die Vitalität der Kulturpflanzen negativ beeinflussen. Pflanzenschutzmittelhersteller, Pflanzenzüchter sowie praktische Landwirte benötigen frühzeitige Informationen über die Kulturverträglichkeit von Herbiziden. Das heute übliche Verfahren der personengebundene Bonitur zur Ermittlung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Kulturpflanzen im Feldversuchswesen ist durch den individuellen Eindruck des jeweiligen Boniteurs oft fehlerbehaftet. Die geschätzten Boniturnoten sind somit nicht immer vergleichbar. Automatische und objektive Verfahren zur Quantifizierung der Reaktion von Pflanzenbeständen auf Pflanzenschutzmittel werden benötigt. Fernerkundung bietet die Möglichkeit, Vitalitätsunterschiede von Pflanzenbeständen über die Berechnung von Vegetationsinidizes, wie z.B. den normalized differentiated vegetation index (NDVI) [R(NIR)-R(Red)]/[R(NIR)+R(Red)] numerisch zu erfassen (Jacobi und Kühbauch, 2005). In dieser Studie sollte die Kulturverträglichkeit von Herbiziden in Maissorten mit fernerkundlichen Mitteln quantifiziert werden.

Material und Methoden

Versuch 2002

Im Jahr 2002 wurde ein Maisschlag teilflächenspezifisch mit einem Herbzid aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe behandelt. In Feldbereichen mit mehr als fünf Ungräsern wurde die betriebsübliche Aufwandmenge appliziert. Geringer verunkrautete Teilschläge blieben unbehandelt. Aus einer vier Wochen später aufgenommenen multispektralen Fernerkundungsaufnahme des *QuickBird* Satelliten wurde eine NDVI-Karte zur Darstellung der Vitalität des Bestands berechnet. Zur Ernte wurde eine Ertragskarte erstellt. In einem GIS wurden die NDVI-Werte mit den Ertragswerten überlagert. Die NDVI-Werte wurden mit den Ertragswerten in Bereichen mit gleicher Bodengüte korreliert.

Versuch 2005

Der Einfluss von zwei Sulfonylharnstoffen auf die Vitalität einer sensitiven sowie einer nicht sensitiven Maissorte wurde bei varierender N-Düngung (betriebsüblich, betriebsüblich +40 kg N/ha) in einer Spaltanlage mit vier Wiederholungen untersucht. Der Standort wies keine Bodenunterschiede auf. Mit einer Multispektralkamera wurde die Anlage via Hubschrauberüberfliegung in definierten Abständen nach Appliktion der Herbizide fotografiert. Zu den gleichen Terminen wurden in allen Varianten Biomassebeprobungen und Wuchshöhenmessungen durchgeführt. Aus den Fernerkundungsaufnahmen wurden NDVI-Karten zur Darstellung der Vitalität erstellt. Zur Ernte wurde der Ertrag aufgezeichnet. Die Vitalitätsmessungen wurden mit den Ertragswerten korreliert.

Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES)- Haus Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn

Versuch 2006
In Kooperation mit einem Hersteller von Pflanzenschutzmitteln wurde der Einfluss eines Sulfonylharnstoffes bei variierender Dosis (unbehandelte Kontrolle, empfohlene Dosis, Dreifachdosis) auf die Vitalität von 16 Maissorten getestet. Mit einer Multispektralkamera wurde die Anlage via Hubschrauberüberfliegung in definierten Abständen nach Appliktion der Herbizide fotografiert. Aus den Fernerkundungsaufnahmen wurden NDVI-Karten zur Darstellung der Vitalität erstellt. Gleichzeitig wurde die Vitalitiät der Maissorten zu den Aufnahmeterminen durch Boniteure geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion
Im Jahr 2002 waren die Vitalitätsmaße in den behandelten Teilschlägen deutlich niedriger als in den unbehandelten. Es gab eine hohe Korrelation zwischen den vier Wochen nach der Applikation gemessenen Vitalitätswerten und den zugehörigen Ertragswerten. Durch hohe Unterschiede zwischen der Tages- und Nachttemperatur in der Zeit nach der Herbizidapplikation erlitt der Mais einen stressbedingten Wachstumsstillstand und Ertragseinbußen.
Im Jahr 2005 konnten Vitalitätseinbußen in der sensitiven Sorte durch Fernerkundung zwei Wochen nach Applikation der Herbizide detektiert werden. Die Biomasse sowie die Wuchshöhe war in den behandelten Parzellen dieser Sorte stark vermindert. Die herbizidbeeinflussten Vitalitätsmaße korrespondierten mit den Ertragsdaten. Ein Einfluss der Düngung war nicht festzustellen.
Im Jahr 2006 gab es hohe Übereinstimmungen zwischen den visuell geschätzten Ergebnissen zur Vitalität und den mit Fernerkundung berechneten Vitalitätsmaßen.
Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass mit fernerkundlichen Mitteln Vitalitätseinbußen durch Herbizide an Mais zu einem frühen Zeitpunkt quantifiziert werden können. Durch diese Informationen könnten Landwirte bei aufgetretenen Herbizidschäden ihre weitere Bestandesführung (z.B. Düngung) anpassen. Im Feldversuchswesen werden über die numerische Erfassung Schätzfehler, wie sie durch den individuellen Eindruck unterschiedlicher Boniteure entstehen, ausgeschlossen. Versuchsanlagen können in einem Bild erfasst und ausgewertet werden. Des Weiteren könnten mit dieser Methodik unterschiedliche Standorte miteinander verglichen werden. Durch das vorgestellte Verfahren können Kosten im Versuchswesen gesenkt werden. In Zukunkt sollten die Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens in anderen Kulturpflanzen getestet werden. Des weiteren sollten alle feldimmanten Faktoren (z.B. Bodenunterschiede), die die Vitalität von Kulturpflanzen zusätzlich beeinflussen sensorisch erfasst und ins GIS eingebracht werden, um deren primäre Wirkung sowie die Wirkung ihrer Interaktionen genauer zu studieren (Dicke und Gebhardt, 2007).

Literatur
Dicke, D. and Gebhardt, S. 2007. Testing decision rules for sowing and nitrogen fertilisation of cereals, at sites of high soil variability - a GIS approach for on-farm research. In: Precision Agriculture 07, edited by J.V. Stafford, Wageningen Academic Publ: 731-736.
Jacobi, J. and W. Kühbauch, 2005: Site-specific identification on fungal infection and nitrogen deficiency in wheat crop using remote sensing. In: Precision Agriculture 05, edited by J.V. Stafford, A. Werner, Wageningen Academic Publ.: 73-80.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 220–221 (2007)

Vergleich vertikaler und lateraler feldspektroskopischer Messungen zur Bestimmung des Wassergehaltes in Mais (*Zea mays* L.)

Daniela Perbandt, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Die Bestimmung von Inhaltstoffen mittels der Feldspektroskopie in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen zum Zweck einer Ertragsoptimierung ist im Rahmen des *precision farming* vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Studien. Im Hinblick auf einen stetig steigenden Bedarf nachwachsender Rohstoffe ist eine Übertragung dieser Technik auf energierelevante Inhaltsstoffe, wie beispielsweise Stickstoff- oder Rohfasergehalte, von großer Bedeutung. Eine Applikation der für die Feldspektroskopie notwendigen Sensorik wird jedoch bei einem üblichen vertikalen Messaufbau über dem Bestand durch Bestandeshöhen der Energiepflanzen von über 3,5 m erschwert. Im Rahmen einer Studie in der Vegetationsperiode 2006 sollte deshalb u. a. der Frage nachgegangen werden, ob eine Bestimmung relevanter Inhaltsstoffe durch Lateralmessungen *im* Bestand grundsätzlich möglich ist. Hierzu wurden in einem ersten Ansatz verschiedene in der Literatur beschriebene Vegetationsindizes aus den Messdaten berechnet und dem Wassergehalt der Referenzproben gegenübergestellt. Beispielhaft werden in diesem Beitrag die Ergebnisse zur Bestimmung des Wassergehaltes in Maispflanzen mithilfe des Water Index (WI) (Peñuelas 1997) vorgestellt.

Material und Methoden

Die Messungen erfolgten in vier Teilflächen eines Maisfeldes in der Nähe der Versuchsstation Hebenshausen der Universität Kassel (51°23'N 9°53'O). Daten konnten unter Verwendung des FieldSpec® (Analytical Spectral Devices, Inc.; Boulder, CO, USA) zu drei Messterminen, 07.08., 07.09. und 12.09., in der Vegetationsperiode 2006 erhoben werden. Der Versuchsaufbau sah je Teilfläche eine vertikale Messung über dem Bestand und 15 laterale Messungen (je drei Winkeleinstellungen (60°, 75°, 90°) in fünf Höhen über dem Boden (0-50cm, 50-100cm, 100-150cm, 150-200cm, 200-250cm) um die Mittagszeit vor. Jede Messung wurde viermal wiederholt und auf eine weiße Spektralon-Platte normiert. Witterungsbedingt konnte nicht zu allen Messterminen der komplette Datensatz erhoben werden. Die Datenvorbehandlung umfasste die Glättung der Spektraldaten und die anschließende Mittelwertbildung der vier Wiederholungsmessungen. Der Water Index wurde aus den aufbereiteten Messdaten als WI = R(900)/R(970) berechnet, wobei R(900) bzw. R(970) für die Reflexion bei der Wellenlänge 900 nm bzw. 970 nm steht (Peñuelas 1997). Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels SAS (Version 9.1). Unter Verwendung der GLM-Prozedur wurden eine lineare Regression sowie eine Kovarianzanalyse mit Interaktion durchgeführt.

Referenzproben wurden aus den vorderen zwei Reihen Mais auf einer Breite von ca. 1,2 m entnommen. Im Anschluss an die Erfassung der Probenfrischmasse wurde das Material gehäckselt und für 72 h bei 105°C getrocknet. Der Wassergehalt wurde in Prozent (%) der Frischmasse bestimmt.

Fachgebiet Grünlandwissenschaften und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel
Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt eine zunehmende Reflexionsintensität in Abhängigkeit der Pflanzenhöhe. Dieser Gradient ist durch den stärkeren Lichteinfall im oberen Teil des Bestandes zu erklären. Im unteren Abschnitt der Pflanze (bis etwa 100cm) können Beschattungseffekte der umstehenden Pflanzen u. U. zu einer Reduktion des Reflexionssignals führen. Wie aus Tabelle 1 hervor geht, liefert die Regressionsanalyse zur Bestimmung des Wassergehaltes unter Verwendung des WI für die Vertikalmessungen mit einem r^2 von nur 0,046 kein befriedigendes Ergebnis. Ursächlich hierfür zeichnet mit hoher Wahrscheinlichkeit die zu geringe Anzahl an Messpunkten (n=5). Inwieweit die Pflanzenhöhe und die Geometrie des Messaufbaus ebenfalls Einfluss auf die Bestimmung des Wassergehaltes bei vertikalen Messungen haben, wird Aufgabe weiterer Untersuchungen sein. Über die Lateralmessungen aller Neigungswinkel konnte eine schwache Beziehung nach dem linearen Model Wassergehalt = -215,35*WI + 264,17 mit einem Bestimmtheitsmaß von r^2=0,33 ermittelt werden. Interaktionen zur Pflanzenhöhe oder zu Winkeleinstellungen des Sensors lagen nicht vor. Eine höhenspezifische Variation des Wassergehaltes wurde über die Kovarianzanalyse bestätigt und wies im Mittel der 50cm-Segmente eine Spannweite von 51% bis 86% auf, mit höchsten Gehalten in den unteren Pflanzensegmenten.

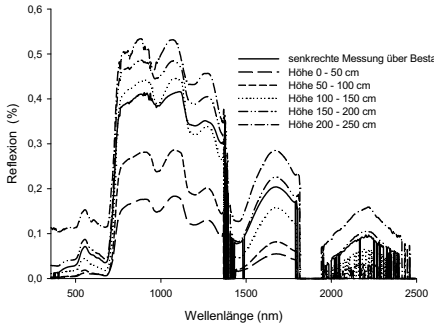


Abb.1: Reflexion des Sonnenlichts an Maispflanzen aus vertikaler (0°) und horizontaler (90°) Richtung

Tab.1: Parameter der Regressionsanalyse zur Bestimmung des Wassergehaltes mittels des WI

	N	r^2	RMSE
Vertikal	5	$0{,}046^{ns}$	5,138
lateral/gesamt	56	0,330**	10,15

ns=nicht signifikant p>0,05; **=hoch signifikant p<0,0001

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine Bestimmung von Inhaltsstoffen prinzipiell auch durch seitliche Messungen in einem Pflanzenbestand möglich sein kann. Weiterführende Untersuchungen sind notwendig, um den Informationsgehalt des gesamten Spektralbereichs zu nutzen und robuste Vorhersagemodelle für energetisch relevante Inhaltsstoffe zu entwickeln.

Literatur

Peñuelas, J., Piñol, J., Ogaya, R., Filella, I. (1997): Estimation of plant water concentration by the reflectance Water Indes WI (R900/R970). Int. J. of Remote Sensing Vol. 18, No 13 : 2869-2875

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 222–223 (2007)

Ableitung von Pflanzenparametern für Winterweizen aus reflexionsspektrometrischen Messungen

Ulf Böttcher, Tobias Johnen, Franziska Meyer-Schatz & Henning Kage

Einleitung

Für Anwendungen der teilflächenspezifischen Landwirtschaft kommt der Abschätzung der Parameter Blattflächenindex, oberirdische Trockenmasse und aufgenommene N-Menge im Bestand durch schnelle, einfache und nicht-destruktive Messverfahren eine große Bedeutung zu.

Für Winterweizen ist es ein übliches Verfahren, den teilflächenspezifischen Versorgungszustand und Düngebedarf des Bestandes aus der Reflexion abzuleiten (Yara N-Sensor). Neben den aus der Fernerkundung bekannten Indizes wie NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Infrarot/Rot-Index und Infrarot/Grün-Index, die aus Breitband-Reflexionsmessungen, wie sie bei Satelliten-Aufnahmen vorliegen, abgeleitet sind, stehen bei Messungen mit hochauflösenden Spektrometern wie dem tec5 HandySpec Field oder dem Yara FieldScan weitere Spektralbänder zur Verfügung, die zur Bildung von Vegetationsindizes verwendet werden können. Ein solcher Index ist der Red Edge Inflection Point (REIP), es lassen sich aber beliebige weitere Kombinationen aus den zur Verfügung stehenden Wellenlängen bilden.

Eine systematische Auswertung kann Aufschlüsse darüber geben, ob es geeignetere als die üblicherweise verwendeten Indizes gibt.

Material und Methoden

In verschiedenen Parzellenversuchen mit Winterweizen wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel seit dem Frühjahr 2005 regelmäßig während der Vegetationsperiode die Bestandesreflexion mit einem HandySpec Field der Firma tec5 (Oberursel) gemessen. Parallel dazu fanden Messungen des Bestandesflächenindex (BFI) mit dem Licor LAI-2000 und teilweise auch destruktive Messungen von BFI, Trockenmasse und N-Mengen in den Pflanzen statt.

Mit einer eigens dafür entwickelten Software wurden aus den Reflexionsmessungen Indizes in einer Simple-Ratio-Form ($SR = \lambda1 / \lambda2$) und in einer Normalized-Difference-Form ($NDI = (\lambda1 - \lambda2) / (\lambda1 + \lambda2)$) gebildet und mit den gemessenen Pflanzenparametern in Beziehung gesetzt. Die Bestimmtheitsmaße der linearen Regressionen wurden in einer Matrix ausgegeben, aus der sich ablesen lässt, welche Wellenlängenkombinationen für eine Schätzung der jeweiligen Bestandesparameter geeignet erscheint.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl für den BFI (Abb. 1) als auch für die anderen Parameter sehr hohe Bestimmtheitsmaße für Indizes gefunden werden, die aus einer Wellenlänge im Übergang zwischen rotem und infrarotem Wellenlängenbereich und aus einer zweiten Wellenlänge im nahen infraroten Bereich gebildet werden Dieses bestätigt die Erkenntnisse von Reusch (2003). Es zeigt sich außerdem, dass diese Beziehung sogar über das vegetative Wachstum hinausgeht und bis zum Entwicklungsstadium BBCH 55 (14.6.05) gültig ist (Abb. 2).

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

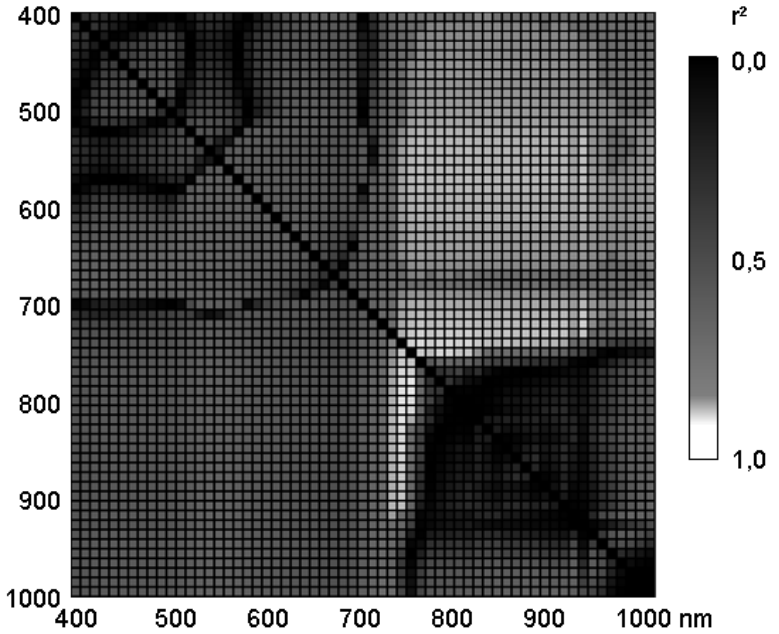


Abb.1: Bestimmtheitsmaße linearer Regressionen des Simple Ratio zum Blatt flächenindex. Helle Bereiche weisen eine hohe Korrelation auf, dunkle Bereiche eine geringe.

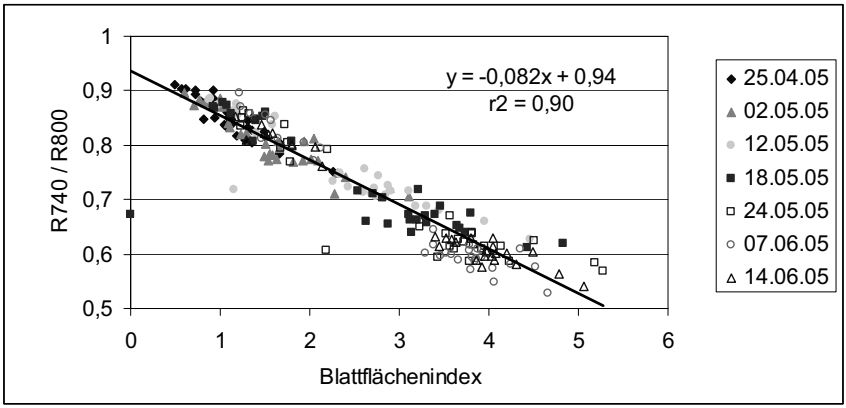


Abb.2: Lineare Korrelation des Simple Ration R(740nm) / R(800nm) zum BFI.

Literatur

Reusch, S. 2003: Optimisation of oblique-view remote measurement of crop N-uptake under changing irradiance conditions. In: Stafford, J. and Werner A. (Ed.), Precision agriculture: Papers from the 4th European Conference on Precision Agriculture. Berlin, Germany, 573-578.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 224–225 (2007)

Methods for updating crop-model predictions - applications for predicting biomass, grain yield and grain protein content

Simone Graeff, Johanna Link, Jochen Schäfer, Wiliam-D. Batchelor & Wilhelm Claupein

Introduction

Providing accurate estimates of alternative crop management systems with knowledge of expected yield and crop quality has placed an increasing demand on crop simulation models. In order to provide such assistance, a detailed quantification of the impact of changed management strategies on yield and crop quality is required. In order to minimize uncertainty in management decisions due to unknown weather, understanding the impacts of weather on crop production by applying simulation models provides a credible basis for a quantitative estimate of the range of yields and quality farmers can expect for a given set of management conditions (Tsuji et al., 1998). Recently, there has been an increased interest in the use of crop simulation models in association with spatial variability and precision farming (Paz et al., 2001). The application of crop models to optimize in-season management for spatially variable fields in particular provides farmers with options to reduce inputs and increase net returns. However, these applications require accurate crop models in concert with historical and current weather data.

The objective of this study is to describe different methods for improving the accuracy of crop-model predictions with real-time measurements. First, we present a simple process-oriented crop model simulating winter wheat biomass production and we show how preliminary collected datasets can be used for updating model predictions. Second, we describe a general framework for updating crop models in season by applying actual weather data. Finally, we present a case study with a site-specific crop model predicting winter-wheat grain yield and quality. Different state-variables of the model were updated in-season by real-time sensor measurements.

Material and Methods

For this study, a field located at the research station Ihinger Hof (48°74`N; 8°93`E) west of Stuttgart, representing typical ranges soil and climatic characteristics and production practices was selected. The prevailing climatic conditions at Ihinger Hof are temperate cool with an average temperature of 8.1 °C, and an annual precipitation of 694 mm. The soil characteristics were highly variable, as the predominant shell limestone is partly covered by a more or less thick loess layer. The majority of the field had heavy calcareous brown earth soils with high clay content. Winter wheat cv. Campari was planted in 2005/06 with about 350 seeds per m². Besides nitrogen management, the field was managed based on the farmer's current practice. The nitrogen rate was broadcast as split nitrogen application. The first nitrogen application around beginning of the vegetation phase (GS 21-25) was broadcast uniformly. The second and third nitrogen application around tillering and flowering were broadcast as model-based site-specific nitrogen application, therefore the field was divided into management grids of 36 m * 36 m. To derive site-specific nitrogen prescriptions the crop growth model APOLLO was adapted to the local conditions based on 3-years of preliminary datasets. In the calibration process adjustments were made to selected soil properties to minimize the root mean square error between simulated and measured historical yield in all grids. Validation was performed by running the model for an independent season and comparing simulated and measured spatial yields. The calibrated model was run for different

Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, graeff@uni-hohenheim.de

nitrogen rates (0-200 kg N ha^{-1} in increments of 10 kg) for each grid and for 30 different years of historical weather data to generate information about the range of yield potential within the field over the long term. The optimum site-specific nitrogen prescription was computed by maximizing marginal net return in each grid within the fields. To develop the third nitrogen application rate, the model was updated with in-season weather data and actual crop N status derived from N-tester (Yara, Germany) measurements.

Results and Discussion

The results of the first step using a site-specific crop model calibrated with preliminary collected datasets showed that this approach could capture year-to-year variability in wheat yield with reasonable accuracy. The model calibration resulted in good agreement between measured and simulated grid yields. Taking the soil parameters hardpan factor and depths, rooting depth and soil available water into account, about 94 % of the existing yield variability could be explained. In a second step, the model was updated for the determination of the third application rate with in-season weather data and data representing the actual crop nitrogen status. Figure 1 represents the different grain protein levels of winter wheat based on the different application strategies. Higher grain protein contents could be reached when the crop model was updated with in-season weather data and actual crop nitrogen status.

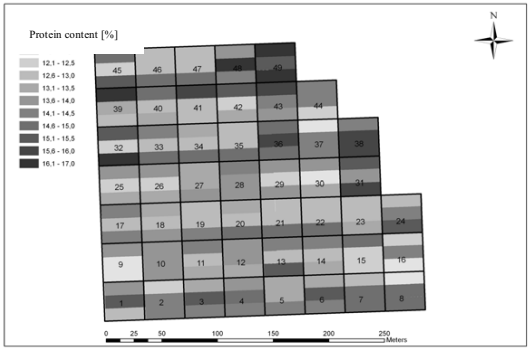


Fig. 1. Grain protein content [%] of winter wheat in the chosen grids based on different strategies to determine the necessary nitrogen fertilizer amount.

The results presented in this paper show that real-time sensor measurements are useful for improving the reliability of e.g. fertilizer requirement information provided to farmers by crop models, but that additional research is required for implementing these methods with complex models.

References

Tsuji, G.Y., G. Hoogenboom, and P.K. Thornton (ed.) 1998. Understanding options for agricultural production. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, the Netherlands

Paz, J.O., W.D. Batchelor, and G.L. Tylka. 2001. Method to use crop growth models to estimate potential return for variable-rate management in soybeans. Trans. ASAE 44(5):1335–1341.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the Landesstiftung Baden-Württemberg for funding the research in the framework of the project “Internationale Spitzenforschung”.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 226–227 (2007)

Einsatz von Farbinformationen bei der Bildanalyse zur Erkennung von Bodenanteilen in Leguminosengrasgemengen

Maike Himstedt, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Futterbaubestände zeigen in ihrer Zusammensetzung oft eine große Heterogenität, die sich auf zahlreiche Leistungsparameter auswirkt. Um die Bestandeszusammensetzung effizient und flächengenau ermitteln zu können, soll eine indirekte, nicht destruktive Methode mit Hilfe der Bildanalyse entwickelt werden. Hierbei ist die wichtigste Zielgröße der Ertragsanteil der Leguminosen, da er entscheidenden Einfluss z.B. auf die N-Fixierungsleistung und den Ertrag hat.

Erste Untersuchungen zur bildanalytischen Ermittlung des Leguminosenanteils in Leguminosengrasgemengen erbrachten viel versprechende Ergebnisse (Himstedt et. al. 2006), wobei bislang Graustufenbilder der Bestände verwendet wurden. Hierbei zeigten die bildanalytisch ermittelten Deckungsgrade der Leguminosen einen deutlichen Zusammenhang mit den jeweils gemessenen Ertragsanteilen der Leguminosen (R^2=0.7). Im Rahmen der Analyse von Fehlklassifikationen konnten Signale des sichtbaren Bodens als Fehlerquelle identifiziert werden. Im vorliegenden Beitrag soll dargestellt werden, inwieweit Farbbilder genutzt werden können, um sichtbaren Boden als Fehlerquelle auszuschließen.

Material und Methoden

In einem 9wöchigen Gefäßversuch wurden Reinsaaten und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras in jeweils vier Wiederholungen untersucht. Es standen Bestände verschiedener Altersklassen (35, 49 oder 63 Tage alt) zur Verfügung (n=64). Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde nach der Ernte die oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und Beikräuter fraktioniert und zur Bestimmung der TM-Ertragsanteile 30h bei 65°C getrocknet. Vor jeder Ernte wurden die Varianten mit einer Digitalkamera fotografiert. Die Ermittlung und Auswahl einer passenden Bildanalyse für Graustufenbilder mit den Funktionen *Erode* und *Delate* ist im Detail in Himstedt et. al. (2006) beschrieben. Für die Bildanalyse wird das Programm Optimas® der Firma Media Cybernetics® verwendet.

Zur qualitativen und quantitativen Identifizierung von Fehlerquellen bei der bildanalytischen Bestimmung des Leguminosenanteils, wurde die jeweils ermittelte Leguminosen-Fläche in den Graustufenbildern sichtbar gemacht und visuell auf Fehlklassifikationen hin untersucht. Von den erkannten Fehlklassifikationen der Kategorien Beikräuter, Gras und Boden wurden die Flächenanteile bestimmt.

Um sichtbaren Boden bildanalytische zu erkennen und somit als Fehlerquelle zu reduzieren, wurde auf Farbbilder der Bestände zurückgegriffen. Die ursprünglichen RGB-Farbbilder wurden in 24-bit HSL Farbbilder (8-bit Hue (Farbton), Saturation (Sättigung), Lightness (Helligkeit)) umgewandelt. Zur Segmentierung des Bildes in Boden und Bestand wurde eine Histogramm-Segmentierung anhand von Schwellenwerten durchgeführt.

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, FB 11, Universität Kassel, Steinstr.19, 37213 Witzenhausen

Der sichtbare Boden (in % des Gesamtbildes) wurde für jedes der 64 Bilder anhand der jeweils optimalen Schwellenwerte für H, S und L ermittelt (Bodenanteil B_v%). Aus diesen Schwellenwerten wurden Mittelwerte berechnet, die als Basis einer automatisierten Bildanalyse-Prozedur zur Bestimmung des Bodenanteils dienen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der möglichen Fehlerquellen zeigt, dass der sichtbare Boden einen großen Anteil der Fehlklassifikationen ausmachen kann. Besonders bei jungen Beständen, und damit stärkerer Lückigkeit, wird in größerem Umfang sichtbarer Boden als Leguminosenfläche klassifiziert. Durchschnittlich sind 24% der als Leguminosen klassifizierten Fläche sichtbare Bodenanteile (von 0,29 bis 91,59%). Eine Fehlklassifikation von Gras liegt bei Ø 15,1%, der von Beikräutern bei Ø 6,6% der Leguminosenfläche vor.

Zur Erkennung der Bodenflächen wurden Farbbilder der Bestände herangezogen, da Boden und Bestand sich farblich unterscheiden. Die hierfür aus den spezifischen Schwellenwerten der einzelnen Bilder berechneten Mittelwerte lagen bei H 18/45, S 43/115 und L 70/173 (untere/obere Grenze).

Die Anwendung dieser Schwellenwerte auf alle 64 Bilder ergab eine gute Erkennung der Bodenanteile (B_a %) (Abb. 1), wobei der Bodenanteil teilweise leicht überschätzt wurde. Die Korrelation zwischen B_v und B_a ist mit R^2 = 0,98 (s.e. 0,02) aber sehr gut und kann zur Beschreibung des Bodenanteils in den Bildern genutzt werden.

Schlussfolgerungen

Sichtbare Bodenanteile in den digitalen Bildern von Futterbaubeständen sind eine Fehlerquelle für die Schätzgenauigkeit von Leguminosenanteilen. Mit der Nutzung des HSL-Farbraums und geeigneten Schwellenwerten ist es aber möglich, den Bodenanteil sicher zu bestimmen (R^2 = 0,98) und die Analyse unabhängig zu machen von der Lückigkeit des Bestandes. Diese Methode soll die bisher entwickelte Bildanalyse-Prozedur zur Ermittlung des Leguminosenanteils ergänzen. Im Weiteren sollen zur Reduzierung der falsch klassifizierten Gräser und Beikräuter, sowie zur Erkennung von bisher nicht erkannten Leguminosen, Möglichkeiten der Mustererkennung, wie Klassenzugehörigkeitskriterien (z.B. Rechtwinkligkeit, Rundheit, Größe) eingesetzt werden.

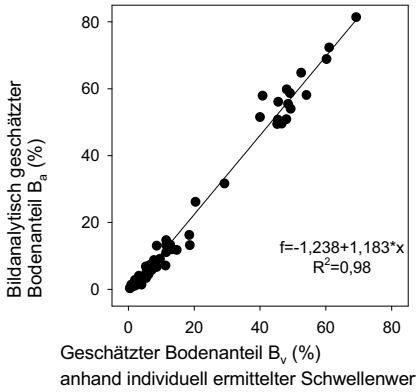


Abb. 1: Zusammenhang zwischen dem bildanalytisch ermittelten Bodenanteil B_a (%) und der visuell ermittelten Referenz B_v (%).

Literatur

Himstedt, M.; T. Fricke, M. Wachendorf (2006): Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen mit Hilfe bildanalytischer Methoden – erste Ergebnisse eines Gefäßversuchs, Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss, S. 46-49.

Media Cybernetics (1999): Optimas 6.5 From Images to Answers, User Guide and Technical Reference, 9. Ausgabe, Silver Spring.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 228–229 (2007)

Abschätzung des Trockenmasseertrags von Weidelgrasbeständen und Kleegrasgemengen durch den Vegetationsindex EVI und hyperspektrale Datenauswertung

Sonja Biewer, Thomas Fricke & Michael Wachendorf

Einleitung

Die teilflächenspezifische Erfassung des Trockenmasseertrages (TM-Ertages) während der Wachstumsphase ermöglicht es, Ursachen für schlechte Wachstumsbedingungen zu ermitteln und das Management gezielt an diese anzupassen (Ehlert & Adamek 2005). Daher wird im vorliegenden Beitrag die Möglichkeit untersucht, ob der TM-Ertrag unterschiedlicher Futterbestände durch feldspektroskopische Messungen erfasst werden kann. Dazu werden Auswertungsverfahren anhand des Vegetationsindexes EVI sowie der hyperspektralen Datenanalyse miteinander verglichen.

Material und Methoden

Zweijährige Futterbestände aus Deutschem Weidelgras (fünf mit KAS gedüngte Varianten: 0, 150, 300, 450 und 600 kg N ha^{-1}) sowie Rotklee/Deutschem Weidelgras, Weißklee/Deutschem Weidelgras wurden jeweils am 12. Juni und 23. Juli 2006 geerntet (4 Wiederholungen). In jeder Parzelle (7,5 m²) wurde ein Tag vor der Ernte eine 0,25 m² große Beprobungsfläche mit einem Feldspektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm gemessen. Anschließend wurde die Biomasse dieser Beprobungsfläche geerntet und für eine spätere Qualitätsbestimmung 30h bei 65°C getrocknet.

Aus den Daten der Spektralmessungen wurde der Enhanced Vegetation Index (EVI) Heute & Justice (1999) errechnet und anschließend mit dem TM-Ertrag in Beziehung gesetzt; (MW = Mittelwert):

EVI = (((MW 800nm-900nm)-(MW 650nm-700nm))/(MW 800nm-900nm)
+6*(MW 650nm-700nm)-7,5*(MW 450nm-500nm)+1))*2

Darüber hinaus wurden die gesamten hyperspektralen Datensätze mit dem Programm Grams/AI^{tm} der Firma Thermo Galactic (USA) ausgewertet. Hierfür wurde die Prozedur PLSplus/IQ verwendet. Zunächst wurden bei allen Spektren solche Abschnitte aus der weiteren Analyse visuell ausgeschlossen, die auf Grund von Störeinflüssen starke Unregelmäßigkeiten aufwiesen. Dann wurde eine Partial Least Square (PLS) Analyse durchgeführt, die mit den Referenzwerten der TM und dem gesamten ausgewählten Datenbereich (382-1343nm, 1441-1782nm, 1963-2395nm) eine Schätzfunktion für die TM-Bestimmung errechnete.

Ergebnisse und Diskussion

Die TM-Erträge lagen je nach Düngestufe und Schnittzeitpunkt zwischen 14 und 1335 g m^{-2}. Da es vor dem 2. Schnitt eine ausgeprägte Trockenperiode gab, waren hier die Erträge des Deutschen Weidelgrases im Gegensatz zum 1. Schnitt sehr niedrig, nur die Weiß- und Rotkleegrasbestände konnten sich trotz der Trockenheit gut entwickeln.

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Steinstr.12, 37213 Witzenhau

Die TM-Bestimmung anhand des EVI ist signifikant und weißt ein Bestimmtheitsmaß von 0,75 auf. Die Erträge des 1. Schnitts wurden jedoch zum größten Teil unterschätzt und die niedrigen Erträge des 2. Schnitts überschätzt, so dass es hier sinnvoll erscheint beide Erntetermine separat zu betrachten (Abb.1A).

Durch die hyperspektrale Datenanalyse der PLS kann der TM-Ertrag genauer erfasst werden (R^2=0,87). Die Erträge beider Erntetermine liegen sehr nah an der Geraden (Abb.1B). Hier ist eine Zusammenführung der unabhängig voneinander zum 1. und 2. Schnitt aufgenommenen Datensätze und den damit verbundenen variablen Lichtverhältnissen, möglich.
Daher soll in zukünftigen Arbeitsschritten das Schätzmodel der PLS-Analyse um weitere Bestandestypen und –aufwüchse erweitert werden. Für größere Datensätze wird darüber hinaus geprüft, welche Schätzgenauigkeiten mit bestandesspezifischen Kalibrationen erreicht werden können.

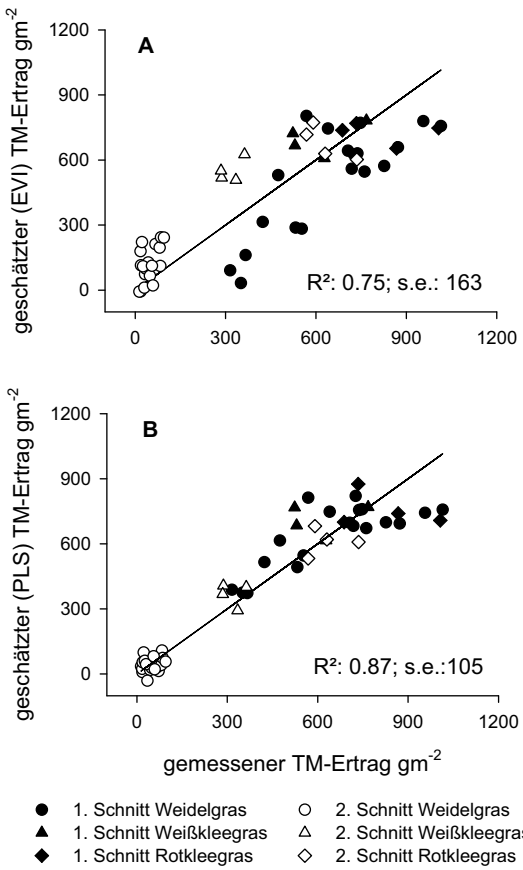


Abb.1: Gemessener und durch EVI (A) bzw. PLS (B) geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Futterbestände zum 1. und 2. Schnitt.

Literatur

Ehlert, D. & Adamek, R. (2005): Crop variability and resulting management effects. *Precision Agriculture* (Wageningen Academic Publishers), 193-200.

Heute, A. & C. Justice 1999: MODIS Vegetation Index (MOD 13). In: Jensen, R. 2000: Remote sensing of the environment: an earth resource perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 230–231 (2007)

Method for generating site-specific prescription maps via offline technique

Johanna Link, Erik Zillmann, Simone Graeff, William D. Batchelor & Wilhelm Claupein

Introduction

In Precision Farming different methods are distinguished concerning the application technique of site-specific nitrogen (N) prescriptions: offline and online technique. While the online technique is driven by sensor measurements solely, like e.g. the N-sensor (Yara, Dülmen), the offline technique provides the possibility to combine different sources of information. For offline derived site-specific prescriptions e.g. soil maps, yield maps (Maidl et al., 2004), yield prediction or simulation, as well as results of additional decision support systems have been used to adapt the prescription to site-specific growing conditions within a field. While focusing just on one source of information as basis for generating site-specific prescriptions, maps might result in limited performance. The combination of different sources of information might give the change to reduce the dynamic component of uncertainty in decision making and thus might increase the performance of the prescription. At the same time the offline technique requires preparatory work, which lowers the feasibility in practical farming. However, to include sources of information which are evolved in offline procedures, it is necessary to have methods available which allow the implementation of this sources of information as prescription map. Thus, this work will focus on a method for generating site-specific prescription maps via offline technique.

Material and methods

In this study site-specific N prescriptions were developed for heterogeneous corn and wheat fields using the process-oriented crop growth model APOLLO (Batchelor et al., 2004). This model is working on a site-specific scale and thus can be used to derive site-specific N prescriptions. Beside historical management information, also historical climate conditions, historical yield pattern and differences in soil properties were taken into account to calibrate the model on grid basis (36 m x 36 m) and to derive a grid based site-specific N prescription (Link et al., 2006).

In order to apply the derived site-specific N prescription on the field a N application map containing the calculated amount of N for each grid needs to be developed. This was done by the method described below.

The calculated amount of N for each grid was transferred to a geo-referenced shape-file (*.shp) in ArcGIS (ESRI), which displayed the size and position of the grids of the corn and wheat fields. In order to ensure an accurate application of the site-specific N prescription, the created shape-file needs to be transformed to the three-dimensional coordinates systems WGS 84 which displays the spherical dimension of the world. Using the spatial analyst tool in ArcGIS, the shape-file referring to the WGS 84 coordinates system was transformed into a raster-file, taking the values for the site-specific N into account and then was saved in *.tif file- format. With the conversion tools in the ArcGIS toolbox the raster-file (*.tif) can be transferred into an ASCII-file (*.txt), which again needs to be transformed via the freeware “ArcToSurfer” into a surfer-file structure (*.txt). Finally the surfer-file structure, which contains the

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, jlink@uni-hohenheim.de

upper and lower left X and Y coordinates, the minimum and maximum values of the N prescription, the working width for the N application and the number of columns and rows, needs to be saved as grid file (*.grd) using the “Golden Software Surfer 8”. This grid-file contains the geo-referenced information about the site-specific N prescription and can be load into the board computer of the spreader, which drives the site-specific N application within the corn or wheat field.

Results and discussion

Fig. 1 gives an overview on the site-specific N prescription map, which was generated on a grid basis via offline technique as described above. Fig. 1 also contains information about the accuracy of the N application via offline technique. While in most grids the correct amount of N was applied, there are still some erroneous application rates within the field, mainly caused by missing GPS signals of the satellites to determine the accurate position within the field.

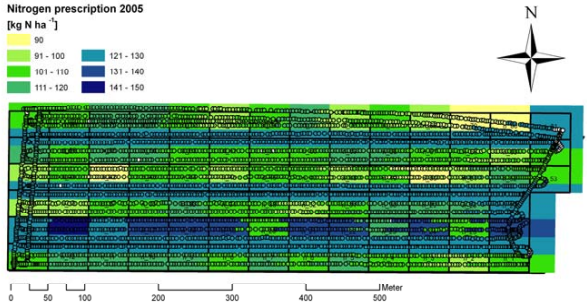


Fig. 1: Site-specific prescription map and accuracy of N application via offline technique.

Conclusion

Using this technique the equipment provided with the N-sensor cannot only be used to apply N prescriptions in the online modus, but also be used to apply site-specific prescriptions via offline technique. This widens the possibility to include and adopt further sources of information in practical Precision Farming. In the long run the offline and online technique should be combined based on useful algorithms to account for the benefits of both methods when generating site-specific prescription maps.

Literatur

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

Link, J.; S. Graeff, W.D. Batchelor und W. Claupein 2006: Evaluating the economic and environmental impact of environmental compensation payment policy under uniform and variable-rate nitrogen management. - Agricultural Systems 91, 135-153.

Maidl, F.-X.; G. Huber und J. Schächtl 2004: Strategies for site specific nitrogen fertilisation on Winter Wheat. 7th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, MN, USA. CD.

Acknowledgement

The Authors would like to acknowledge the Landesstiftung Baden-Württemberg for funding of the research in the framework of the project “Internationale Spitzenforschung”.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 232–233 (2007)

Ableitung von teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen zur Optimierung des Maisanbaus hinsichtlich N-Düngung und Aussaatstärke

Johanna Link, Christoph Gutjahr, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Auf landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen können die Standortbedingungen für die dort angebauten Kulturpflanzen variieren. Durch eine kleinräumige Anpassung der Bestandesführung an die vorliegenden Ertragspotenziale kann die Pflanzenproduktion sowohl aus ökonomischer, als auch aus ökologischer Sicht optimiert werden (Wollring et al., 1999).

Ziel der Arbeit war, ein Entscheidungskonzept zur Optimierung des Maisanbaus in Form von teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen unter der Berücksichtigung von teilflächenspezifischer Stickstoffdüngung und variabler Aussaatstärke in Körnermais zu erarbeiten.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof (693 mm, 8.1 °C), wurde im Jahr 2006 auf einem heterogenen Schlag ein Versuch zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung und variabler Aussaatstärke in Körnermais angelegt, um daraus Produktionsfunktionen für unterschiedliche Bereiche des Schlages abzuleiten.

Der heterogene Schlag wurde in 80 Teilflächen (36 m x 36 m) unterteilt, wobei jede Teilfläche anhand des mittleren Tongehaltes in eine von 3 Tongehaltsklassen (TGK; 1 = 21,0 - 30,0 %, 2 = 30,2 - 39,8 %, 3 = 40,0 - 53,0 %) eingeteilt wurde.

Um die Zusammenhänge zwischen teilflächenspezifisch angepasster Düngung (130 - 190 kg N ha^{-1}) und Aussaatstärke (7, 8,5, 9 und 10 Pflanzen m^{-2}) zu untersuchen, wurden beide Faktoren innerhalb jeder Teilflächen auf dem Schlag räumlich variiert und kombiniert. Als Kontrollvariante wurde in jeder Teilfläche eine praxisübliche Variante mit konstanter Düngermenge und Aussaatstärke untersucht.

Anhand der erhobenen Daten wurden Produktionsfunktionen für jede TGK aufgestellt. Dabei gingen die Produktionsfaktoren Düngung und die Aussaatstärke als variable Faktoren in die Produktionsfunktion ein. Die allgemeine Produktionsfunktionsgleichung (1) lautet:

$$y = (\mu_1 * N) + (\mu_2 * N^2) + (\mu_3 * A) + (\mu_4 * A^2) + (\mu_5 * A * N) \quad (1)$$

wobei y für den Kornertrag (kg ha^{-1}), N für die eingesetzte Menge an Stickstoff (kg N ha^{-1}) und A für die realisierte Aussaatstärke (Körner ha^{-1}) steht. Die Werte für den Parameter μ wurden mittels multipler Regressionsanalyse ermittelt. Um die optimale Produktionsintensität zu ermitteln (Grenzerlös = Grenzkosten), wurde die Funktion jeweils nach N und A abgeleitet, wodurch man die zwei Grenzertragsfunktionen (2) und (3) erhält.

$$dY/dN * py = qN \quad (2), \qquad dY/dA * py = qA \quad (3)$$

Setzt man die Funktionen gleich den Faktorkosten für Düngung (qN; 0,54 € kg^{-1} N) bzw. Aussaatstärke (qA; 0,00175 € $Maiskorn^{-1}$), ergibt sich daraus der Faktoreinsatz, der zum maximalen Gewinn führt. Der maximale Gewinn (G, € ha^{-1}) kann unter Berücksichtigung des Produktpreises für Mais (py, 0,14 € kg^{-1} Ertrag) berechnet werden:

$$G = py * y - (qN * N + qA * A) - FK \quad (4)$$

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70599 Stuttgart, Germany

Ergebnisse und Diskussion

In dieser Studie konnten zwischen den teilflächenspezifisch und praxisüblich gedüngten Varianten keine signifikanten Ertragsunterschiede ausgemacht werden. Hinsichtlich der Aussaatstärke lagen nur zwischen der geringsten Bestandesdichte (7 Pflanzen m^{-2}) und den übrigen Varianten signifikante Ertragsunterschiede vor.

Über die Varianten hinweg variierte der Kornertrag zwischen 1169 und 9244 kg ha-1, die höchsten Kornerträge wurden in der TGK 1 gemessen. Der durchschnittliche Kornertrag von 6932 kg ha-1 unterschied sich signifikant von den Kornerträgen der TGK 2 und der TGK 3.

Die Ergebnisse waren stark beeinflusst von der ausgeprägten Frühsommertrockenheit. Ein Zusammenhang zwischen der Stickstoffdüngung und dem Ertrag konnte somit nicht ermittelt werden (R^2 = 0,04). Über eine Steigerung der Bestandesdichte konnte aufgrund von Wassermangel kein Ertragszuwachs erzielt werden.

Tab. 1 zeigt für die drei Tongehaltsklassen die Faktorkombinationen aus Stickstoffdüngung und Aussaatstärke, die unter den gegebenen Bedingungen jeweils zum ökonomischen Optimum geführt hätten.

Tabelle 1: Stickstoffdüngung und Aussaatstärken, die innerhalb der entsprechenden Tongehaltsklasse zum ökonomischen Ertragsoptimum führen (TFS = teilflächenspezifische Variante, PÜ = praxisübliche Variante).

Tongehaltsklasse	Düngung (kg N ha^{-1})	Aussaatstärke (Körner ha^{-1})	Kornertrag (kg ha^{-1})		Gewinn (€ ha^{-1})	
			TFS	PÜ	TFS	PÜ
1	179	76.000	6784	5856	720	591,14
2	129	85.000	6837	6709	739	711,56
3	148	90.800	6210	6288	631	652,62
Mittelwerte	152	83.933	6610	6284	697	652

Die Werte für die ökonomisch beste Kombination von Düngung und Aussaatstärke sind aufgrund der geringen Bestimmtheitsmaße jedoch nur beispielhaft zu sehen und nicht über zu bewerten.

Schlussfolgerung

Es ist prinzipiell möglich, anhand von Produktionsfunktionen die Einflüsse verschiedener Produktionsfaktoren auf den Ertrag darzustellen. Auch wenn die eigenen Ergebnisse aus diesem Jahr keine eindeutige Tendenz auszeigen, kann man zu dem Schluss kommen, dass eine Variation der Stickstoffdüngung und der Aussaatstärke sinnvoll sein kann. Um jedoch ein Entscheidungskonzept in Form von teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen für den Einsatz von Stickstoffdüngung und Aussaatstärke in Körnermais zu erarbeiten, sind weitere Untersuchungen unabdingbar.

Literatur

Wollring, J., Reusch, S., Link, A., 1999. Teilflächenspezifische Düngung: Planung, Bedarfermittlung, Ausbringung und Nutzen. Agrocom-Seminar: Precision Farming auf dem Weg in die Praxis. S. 50-54.

Danksagung

Die Autoren danken der Landesstiftung Baden-Württemberg für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeit im Rahmen des Projektes “Internationale Spitzenforschung”.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 234–235 (2007)

Teilflächenspezifischer Deckungsbeitrag als Entscheidungsunterstützung für eine flexible Landnutzung

Arnd Kielhorn & Dieter Trautz

Einleitung

In der modernen Pflanzenproduktion werden Strategien über Nutzungen nicht immer ausschließlich anhand pflanzenbaulicher Aspekte entwickelt, sondern häufig auch anhand ökonomischer Gesichtspunkte. So können aktuelle Marktpreise einzelner Produkte Anbauentscheidungen kurzfristig beeinflußen. Zudem wirken herkömmliche Technologien schlagbezogen. Nachhaltiger könnte es sein, die natürlichen Ertragspotentiale innerhalb der Ackerflächen zu berücksichtigen, diese monetär zu bewerten und auf Basis teilflächenspezifischer Kostendeckungsbeiträge Nutzungsentscheidungen kleinräumig treffen zu können. Durch solche Betrachtungsweisen erhält man ein kleinräumig flexibles Instrumentarium, dass nach TRAUTZ et al. (2007) sogar unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten innerhalb von Ackerflächen ermöglicht.

Material und Methoden

In dem Interdisziplinären Forschungsschwerpunkt PIROL an der Fachhochschule Osnabrück werden verschiedene technische Entwicklungen im Bereich Geographischer Informationssysteme (GIS) und Geodatenbanken geleistet, die ihren Einsatz im System Precision Farming finden sollen. Für das OpenSource-GIS OpenJUMP (www.openjump.org) wurden anhand pflanzenbaulicher Vorgaben zahlreiche Erweiterungen programmiert, mit denen landwirtschaftliche Prozessdaten gelesen, analysiert, verändert und gespeichert werden können. Im Rahmen von PIROL wurde das OpenSource-Datenbanksystem PostgreSQL (www.postgresql.org) um die Geodaten-Erweiterung PostGIS (www.postgis.org) erweitert, um eine auf teilflächenspezifische Bewirtschaftung ausgerichtete Datenhaltung zu ermöglichen (BIERMANN et al. 2007). In Abbildung 1 ist der Aufbau schematisch aufgetragen.

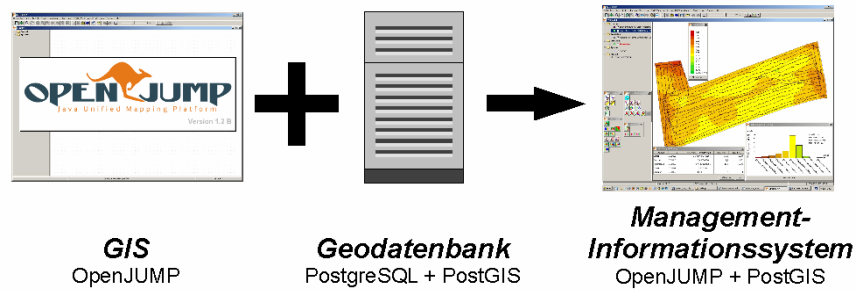


Abb. 1: Managementinformationssystem mit OpenJUMP und Geodatenbank

Die so entwickelte Geodatenbank ist in der Lage, im Zusammenspiel mit OpenJUMP, ökonomische Auswertungen für zuvor erfasste Ackerflächen durchzuführen. Zunächst werden alle Applikations- und Ertragsdaten zusammen mit ihren Kosten bzw.

Fachhochschule Osnabrück, PF 1940, 49009 Osnabrück
Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt PIROL
Email: a.kielhorn@fh-osnabrueck.de, Internet: http://www.pirol.fh-osnabrueck.de

Erlösen in der Geodatenbank mit ihrem räumlichen Bezug gespeichert. Grundlage für die ökomischen Auswertungen ist dann ein, in seiner Auflösung freidefinierbares Gitter, das in OpenJUMP über den jeweiligen Schlag gespannt wird. Auf dieses Gitter werden im nächsten Schritt die Kosten und Erlöse aller erfassten Maßnahmen übertragen und verrechnet. Um eine vollständigere Berechnung zu erhalten, können außerdem Direktzahlungen sowie auch sonstige betriebliche Festkosten auf das Gitter übertragen werden. Im letzten Schritt können die resultierenden Deckungsbeiträge klassifiziert werden, um ein Nutzungsschema anzuwenden.

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Speicherung ökonomischer Daten für Applikationen und Erträge in der räumlichen Datenbank ergibt sich eine gute Möglichkeit monetärer Analysen von Produktionsverfahren. Durch die Berechnungen der teilflächenspezifischen Deckungsbeiträge wird schnell deutlich, welche ökonomischen Beitrag unter-schiedliche Teilflächen zum Deckungsbetrag eines gesamten Schlages leisten. Mittels einer Klassifizierung (siehe Beispiel in Tabelle 1) der Deckungsbeiträge können den so entstandenen Klassen Nutzungen zugeordnet werden, die dem natürlichen Ertragspotential der jeweiligen Teilflächen entsprechen und somit auch einen verbesserten Beitrag zum ökonomischen Gesamtertrag einer Ackerflächen leisten können.

Tab. 1: Beispiel eines Klassifizierungsschemas mit abgeleiteten Nutzungsmöglichkeit

Grenzwert (in € · ha^{-1})	Zone	Nutzung
< 0	A	Alternative Nutzung
0 – 150	B	Pflanzenbauliche Extensivierung
150 – 300	C	Pufferzone
> 300	D	Pflanzenbauliche Intensivnutzung

Alternative Nutzungen können Nullnutzungen sein oder bei Vorhandensein von entsprechenden Zielvorstellungen auch Naturschutzmassnahmen. Sollten solche gezielten Naturschutzmassnahmen möglicherweise sogar durch Agrarumwelt-programme abgedeckt sein, ergäbe sich eine weitere ökonomisch interessante Optimierungsmöglichkeit.

Literatur

Biermann, J., Gervens, T., Kielhorn, A., Rahn, O., Trautz, D.: Datenhaltung für den Einsatz von Precision Farming. In: Böttinger, S. Theuvsen, L., Rank, S., Morgenstern, M. (Hrsg): Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten. Referate der 27.GIL-Jahrestagung, Universität Hohenheim, 2007, S. 31-34

Trautz, D., Dressler, v., H., Kielhorn, A., Stillger, V., Stracke, F.: Precision Farming as an instrument for integration of nature protection objectives in agricultural landuse. In: Fountas, S., Aggelopoulous, A., Gemtos, F., Blackmore, S.: Precision Agriculture for High Value Crops and Quality. Poster Proceedings of the 6th European conference on Precision Agriculture. Skiathos, Greece, 2007

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 236–237 (2007)

Influence of different photperiods and temperature regimes on seed germination of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) and borage (*Borage officinalis* L.)

Azim Ghasemnezhad, Gerhard Weinbrenner & Bernd Honermeier

Introduction

Evening primrose (family Onagracea) is widespread as a wild plant in temperate areas of North America, Europe and other regions. Borage (*Borago officinalis*) is belonging to Boraginaceae family. Both of these two plant species are rich sources of γ-linolenic acid (GLA), a prostaglandin precursor and a rare fatty acid with pharmaceutical and nutritional uses. Some disadvantages such as low and erratic potential of seed germination limits their development as agricultural crop. It seems that variable temperatures, photoperiods and interactions between them have significant effect on the seed germination of both species. This study was carried out to clarify the influence of temperature and photoperiod on the germination potential of evening primrose and borage.

Material und Methods

Seeds of evening primrose and borage were obtained from field experiments of JLU Giessen. Before experiment the germination percentage of both species were recorded (50% and 65% in evening primrose and borage, respectively). Experimental seeds were planted in the containers containing pure sand and were wetted with tap water. The experiments were directed in four replications with 50 seeds per replication. To determine the effect of temperature and day length on seed germination, containers were placed in climatic chambers with different temperatures and photoperiodic conditions. Experiments were carried out at 5, 10, 15 and 20 °C with 0, 8, 16 and 24 hr/day lengths, respectively. The relative humidity of climatic chambers was 75%. The statistical analysis of data was done using SPSS version 12.1.

Results and Discussion

As is presented in table below the germination percentage of seeds of both evening primrose and borage were strongly influenced by different temperatures and day lengths. When the seeds were placed under low temperature conditions (5°C) in a period of fourteen days, under all photoperiodic conditions seed germination percentage of both evening primrose and borage was zero. In contrast to evening primrose which did not germinate at 10 °C in all photoperiodic conditions, borage started to germinate at this temperature. As is presented in table 1 the germination percentage of borage was affected by photoperiodic conditions. Under 24 hr/day length the first germination was observed six days after imbibition. In contrast to that 12 days after imbibition the germination was observed in the seed samples, which were under short day conditions (8 hr/day length). When the temperature was increased from 10 °C to 15 °C, after 12 days of seed water imbibition and under dark conditions the beginning of seed germination with a rate of 0.5% was observed in evening primrose. At 15 °C two weeks after water imbibition only low percentage of germination was recorded (1.5, 6 and 5% under dark conditions, 8 and 24 hr/day length photoperiods, respectively). With 15 °C no germination was observed in evening primrose seeds, which were under 16 hr/day length photoperiod.

Justus-Liebig-Universität Gießen Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen, e-mail: Azim.Ghasemnezhad@agrar.uni-giessen.de

Under all temperature conditions the seeds of evening primrose under long day conditions (16 hr/day length) showed lower germination than those of seed samples, which were under short day conditions.

Table 1. Effect of different temperatures and photoperiodic conditions on the germination of evening primrose and borage seeds (germination rate in %)

TEM	DL	2nd		4th		6th		8th		10th		12th		14th (DAI)	
		E	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E	B
5°C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10°C	DL1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	17	0	22
	DL2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	9
	DL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	20	0	25
	DL4	0	0	0	0	0	4	0	9	0	17	0	59	0	63
15°C	DL1	0	0	0	4	0	32	0	39	0	44	0.5	47	2	48
	DL2	0	0	0	0	0	3	0	6	0	10	0	15	6	19
	DL3	0	0	0	8	0	32	0	73	0	80	0	82	0	83
	DL4	0	0	0	16	0	37	0	50	0	76	2	76	5	76
20°C	DL1	0	0	0	29	0	61	3	68	6	74	18	79	24	79
	DL2	0	0.5	9	17	14	69	30	81	37	86	65	91	74	91
	DL3	0	0	0	29	0	76	8	86	23	89	34	89	39	89
	DL4	0	15	0	42	19	74	54	82	63	84	67	84	74	84
5°C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10°C		0	0	0	0	0	1	0	2	0	11	0	25	0	30
15°C		0	0	0	7	0	26	0	42	0	52	0.6	55	3	56
20°C		0	3	2	29	8	70	24	79	32	83	46	85	53	86
	DL1	0	0	0	11	0	31	0.8	36	2	4	5	48	6	50
	DL2	0	0.2	2	6	4	24	7	29	9	31	16	37	20	39
	DL3	0	0	0	12	0	36	2	53	6	61	9	64	11	66
	DL4	0	5	0	20	5	39	14	47	16	59	17	73	18	74
TEM	LSD 5%	-	0.5	0.9	3.7	1.1	4.8	2.9	5.3	4.5	5.2	5.0	5.2	5.2	5.2
DL		-	0.5	0.9	3.7	1.1	4.8	2.9	5.3	4.5	5.2	5.0	5.2	5.2	5.2
TEM×DL		-	1.2	1.8	7.5	2.2	9.6	5.8	10.6	8.9	10.4	10.0	10.4	10.7	10.4

TM: temperature, DL: day length, DL1: dark, DL2= 8hr/day, DL3: 16 hr/day, DL4: 24 hr/day, DAI: days after seed water imbibing, E: evening primrose, B: borage

As is presented in table 1 although there was no significant difference between the germination percentage of borage seeds under 8 and 16 hr/day length conditions, but under 8 hr/day length conditions the seed germination percentage was significantly higher than those of seeds which were germinated under dark and full light conditions. Based on obtained results it can be concluded that the temperature and photoperiodic conditions strongly influence the seed germination of borage in which under longer photoperiod and higher temperature conditions a higher germination was observed. Although in this experiment no clear effect of day length on the germination of evening primrose seed was observed, the results confirmed a strong interaction between temperature and light on the potential of evening primrose seed germination. Generally it can be concluded that the seeds of both evening primrose and borage seems to be photosensitive and temperature has great effect on photo demand of seeds for germination.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 238–239 (2007)

Projektentwicklung: Unkrautregulierung in Arznei- und Gewürzpflanzen – Leistungsvergleich verschiedener Techniken

Karin Pietzsch, Andreas Ulbrich* & Ralf Pude**

Einleitung

Im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau gewinnt die Drogenrohwarenqualität zunehmend an Bedeutung. Die verarbeitende Industrie stellt hohe Anforderungen an Reinheit und Qualität der Rohware. Auch im Deutschen Arzneibuch sind Qualitätskriterien verankert (DAB, 1986), (Marquard, 2001). Qualifizierende Eigenschaften von Drogenrohware betreffen neben Aussehen, Geruch und Geschmack unter anderem auch die Qualität und Quantität der wertgebenden Inhaltsstoffe, z.B. ätherische Öle. Zusätzlich werden Reinheitsnachweise geführt, hauptsächlich in den Bereichen mikrobielle Verunreinigungen, Schwermetallgehalte, Aflatoxinbelastungen und Pflanzenschutzmittelrückstände. Des weiteren dürfen Fremdbestandteile – welche Unkrautteile, Erde und auch Kulturpflanzenstängel beinhalten – einen geringen Prozentsatz im Erntegut nicht überschreiten. Dies verdeutlicht, welchen hohen Anforderungen sich der Anbauer im Bereich der Unkrautregulierung stellen muss: Zum einen müssen die Kulturpflanzenbestände nahezu unkrautfrei sein, zum anderen ist der Herbizideinsatz aufgrund der potenziellen Gefahr von Rückständen sowie einer unzureichenden Zulassungssituation schwierig. Mechanische und thermische Unkrautregulierung bieten hierzu eine zukunftsfähige Alternative.
Ziel des Projektes ist es, etablierte, modifizierte sowie neuartige mechanisch arbeitende Geräte und Maschinen im Arzneipflanzenbestand zu vergleichen, um Ertrag und Rohstoffqualität zu sichern. Das von der FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. geförderte Projekt berücksichtigt auch ökonomische Aspekte, besonders die Reduzierung des Handarbeitsaufwandes durch effektiveren Geräteeinsatz.

Material und Methoden

Zur Projektabstimmung und –weiterentwicklung - insbesondere für das Versuchsjahr 2007 - wurden Anbauer, Berater und potenzielle Drogenrohwaren-Verwerter, sowie deren Anbauverbände, Institutionen und Unternehmen kontaktiert. Nach Absprache mit Mitgliedern des Deutschen Fachausschusses Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen erfolgte eine Eingrenzung des Kulturspektrums auf drei wirtschaftlich bedeutende Leitkulturen. Durch Anregungen aus intensiven Diskussionen mit oben genannten Einheiten konnten im Bereich des Anbaues und der Gerätetechnik konkrete Verbesserungen in das Vorhaben integriert werden. Darauf aufbauend werden gleichzeitig an drei Standorten der Universität Bonn seit 2007 Versuche auf den Lehr- und Forschungsstationen Marhof, Dikopshof und Klein-Altendorf an folgenden Kulturen durchgeführt:

- *Matricaria recutita* (Echte Kamille) `Bodegold`
- *Valeriana officinalis* (Baldrian) `Arterner Züchtung`
- *Melissa officinalis* (Zitronenmelisse) `Citra`

Karin Pietzsch, Lehr- und Forschungsstation Marhof, Sechtemer Str. 29, D-50389 Wesseling
* Dr. Andreas Ulbrich, Institut für Phytosphäre (ICG III), Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich
** PD Dr. Ralf Pude, Lehr- und Forschungsstationen der Universität Bonn, Endenicher Allee 15, D-53115 Bonn

Diese Modellkräuter repräsentieren Kulturen mit unterschiedlich nutzbaren Organen, in denen die wertgebende Inhaltsstoffe lokalisiert sind. Kamille vertritt die Blüten- bzw. Samendrogen, Baldrian die Wurzeldrogen und Melisse die Blatt- bzw. Krautdrogen. Die Drogenrohstoffarten und die charakteristische Wuchsform sowie der ein- oder mehrjährige Anbau der Kulturen erfordern eine adaptierte Unkrautregulierungstechnik.
Für die Unkrautregulierung sind im Versuch verschiedene gezogene und zapfwellenbetriebene Geräte im Einsatz (Gänsefußhacke, Bürstenhacke, Fingerhacke, Uni-Hacke), wobei die Bereiche „zwischen den Kulturreihen“ und „in der Reihe“ zu unterteilen sind. Somit wurden sechs Unkrautregulierungs-Varianten ausgewählt. Der Versuchsaufbau erfolgte als Blockanlage mit vierfacher Wiederholung und umfasst insgesamt 900 m² je Standort. Die Standorte unterscheiden sich in Klima, Boden und Fruchtfolge und den damit verbundenen spezifischen Unkrautarten (Tab. 1). Die Bedingungen in Bezug auf Wasser- und Nährstoffversorgung sowie die Bearbeitung sind in gleichem Umfang gewährleistet.

Tab. 1: Standortvergleich: Klimadaten und Bodenzahlen

Standort	Temperatur	Niederschlag	Boden
Marhof	10° C	700 mm	uL, 70-80 BP
Dikopshof	9,9° C	633 mm	uL, 77-83 BP
Klein-Altendorf	9,3° C	596 mm	L, 85-90 BP

Die Datenerfassung erfolgt über digitale Aufnahmen mit bispektraler Infrarot-Kamera-Technik sowie über manuelle Auszählung und Deckungsgrade der Kultur- und Unkrautbestände vor und nach jeder Unkrautregulierungsmaßnahme, um den Bekämpfungserfolg und die Kulturpflanzenverträglichkeit zu prüfen und aufzuzeigen. Die Ertrags- und Qualitätsuntersuchungen erfolgen nach der Ernte.

Ergebnisse und Diskussion

Inzwischen unterstützen aufgrund zahlreicher Gespräche folgende Einrichtungen das Projekt: Im Bereich Arzneipflanzen das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum – Rheinpfalz, speziell Dienstsitz Bad Neuenahr-Ahrweiler, der Deutsche Fachausschuss Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen, das Institut für Pflanzenbau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und die Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt in Bernburg, sowie von technischer Seite das KTBL, das Institut für Landtechnik in Bonn und Weihenstephan (Fachgebiet Technik im Gartenbau) und der Lehr- und Versuchsbetrieb Queckbrunnerhof in Schifferstadt.
Das Ergebnis ist neben Verbesserungen des ursprünglichen Vorhabens der Aufbau eines Netzwerkes, von dem partizipierende Einrichtungen in Zukunft profitieren können. Dieses Unkrautregulierungs-Projekt mit den Modellkräutern ist aufgrund der Entwicklungen als Teil eines Gesamtprojektes im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau etabliert, indem auch vor- und nachgelagerte Forschungsziele durchgeführt werden können.

Literatur

Deutsches Arzneibuch (Hrsg.) 1986, 9. Ausgabe. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, und Deutscher Govi-Verlag, Frankfurt/M.

Marquardt, R. und Kroth, E. 2001, Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen, Buchedition Agrimedia GmbH, Bergen/Dumme.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 240–241 (2007)

Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis (*Pimpinella anisum* L.) in Abhängigkeit von Saatzeit, Bestandesdichte und Sorte

Feng Yan & Bernd Honermeier

Einleitung

Anis (*Pimpinella anisum* L.) besitzt auf Grund des relativ hohen Gehaltes an ätherischem Öl und dessen spezifischer Zusammensetzung an Monotepenen eine gewisse Bedeutung für die Herstellung von Phytopharmaka und alkoholischen Getränken. In Deutschland ist die Pflanze für eine Kultivierung relativ gut geeignet. Mit dem Ziel der Optimierung des Anbaus wurden daher in den Jahren 2005 und 2006 Feldversuche durchgeführt, in denen die Spätsaattoleranz und die Wirkung unterschiedlicher Bestandesdichten zweier Anis-Sorten hinsichtlich Drogenertrag und Drogenqualität unter Feldbedingungen in Mittelhessen geklärt werden sollten.

Material und Methoden

Durchgeführt wurde in den Jahren 2005 und 2006 am Standort Groß-Gerau ein dreifaktorieller Feldversuch (10 m^2 pro Parzelle, 4 Wiederholungen). Die Prüffaktoren waren A - Saatzeit (1 = 2. Aprildekade, 2 = 2 Wochen später, 3 = 4 Wochen später), B – Aussaatmenge (1 = 10 g, 2 = 20 g, 3 = 30 g/10 m^2) und C – Sorte (Nr. 903 und Nr. 904). Die Anisbestände wurden mit 40 kg/ha N unmittelbar zur Aussaat der jeweiligen Saatzeitvariante gedüngt. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit dem Herbizid Bandur (Aclonifen) im Vorauflauf mit 3 l/ha. In der Versuchsstation Groß-Gerau musste der Feldversuch mit insgesamt 100 mm (in 4 Gaben je 20 mm) beregnet werden. Die Ernte der Anisbestände erfolgte saatzeitspezifisch Ende August bis Mitte September mit einem Parzellenmähdrescher. Die Analyse des ätherischen Öls erfolgte mit Wasserdampf-Destillation. Die Gehalte an trans-Anethol und Estragol wurden mit einem GC detektiert.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren konnte festgestellt werden, dass keine Unterschiede hinsichtlich Jugendentwicklung, Blüh- und Reifeverlauf zwischen den geprüften Sorten bestanden. Jedoch zeigte Sorte „903“ geringere Feldaufgangsrate bei allen gewählten Aussaatmengen als die Sorte „904“. Es wird vermutet, dass die Sorte „904“ eine höhere Feldkeimfähigkeit als die Vergleichssorte aufwies. Die Standfestigkeit beider Sorten war gut ausgeprägt. Die frühe Aussaat und die Erhöhung der Aussaatmenge führten zu einer leichten Verschlechterung der Standfestigkeit der Anispflanzen. Die Sprossachsenlänge der Pflanzen lag in der Spanne von etwa 50 bis 60 cm im Jahr 2005 und 35 bis 43 cm im Jahr 2006. Die Spätsaat bewirkte eine Verringerung der Sprossachsenlänge.

Hinsichtlich des Fruchtertrages bringen die vorliegenden Ergebnisse deutliche Effekte der Saatzeitverzögerung zum Ausdruck. Dieser Effekt war im Jahr 2005 stärker ausgeprägt als im Jahr 2006. Die Verzögerung der Aussaat von Anfang April auf Ende April bzw. Anfang Mai führte zu signifikanten und drastischen Abnahmen der Fruchterträge (s. Tab. 1). Interaktionen zwischen Sorte und Saatzeit bestanden nicht. Die Reduktion der Fruchterträge ist z. T. auf eine Verminderung der Tausendfruchtmasse und somit auf eine geringere Fruchtgröße zurückzuführen.

Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, JLU Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen

Daneben ist davon auszugehen, dass durch die Spätsaat auch die Anzahl der Verzweigungen pro Pflanze und somit die Fruchtzahl pro Pflanze bzw. pro Fläche verringert wurde. Darüber hinaus konnte eine Zunahme des Befalls mit Falschem Mehltau und eine Verringerung der TM-Gehalte der Früchte mit Verzögerung der Aussaat beobachtet werden.

Tab. 1. Einfluss der Saatzeit, Saatmenge und Sorte auf Fruchtertrag, Tausendfruchtmasse (TFM), Gehalt an ätherischem Öl und trans-Anethol-Gehalt von Anis, Feldversuch Groß-Gerau 2005 und 2006

SZ	BD	SO	Fruchtertrag	TFM	Äther. Öl	trans-Anethol
	-	-	(dt/ha)	(g)	(%)	(%)
Versuchsjahr 2005						
1	-	-	11,33 a	2,41 a	3,40 a	92,4 a
2	-	-	7,15 b	2,36 a	3,10 b	92,2 a
3	-	-	4,55 c	1,87 b	3,19 c	90,0 b
-	1	-	8,89 a	2,28 a	3,14 a	91,5 a
-	2	-	7,80 b	2,22 a	3,21 a	91,5 a
-	3	-	6,33 c	2,14 a	3,24 a	91,6 a
-	-	1	8,14 a	2,24 a	3,23 a	91,7 a
-	-	2	7,21 b	2,18 a	3,17 a	91,3 b
Versuchsjahr 2006						
1	-	-	7,19 a	2,06 a	2,28 a	95,0 a
2	-	-	3,35 b	1,92 b	2,35 a	95,8 a
3	-	-	2,92 c	1,93 b	3,23 b	95,3 a
-	1	-	5,02 a	1,98 ab	2,68 a	95,3 a
-	2	-	4,53 b	2,03 b	2,59 a	95,4 a
-	3	-	3,91 c	1,89 a	2,58 a	95,4 a
-	-	1	4,59 a	1,98 a	2,63 a	95,3 a
-	-	2	4,38 a	1,96 a	2,61 a	95,4 a

Legende: SZ: Saatzeit; BD: Bestandesdichte; SO: Sorte; TFM: Tausendfruchtmasse; Unterschiedliche Buchstaben hinter dem Mittelwert bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern ($p < 0,05$, Tukey-Test).

Die Erhöhung der Bestandesdichte bewirkte eine signifikante Abnahme der Fruchterträge (s. Tab. 1).
Die Gehalte an ätherischem Öl der Anisfrüchte des 1. bzw. 2. Saattermines waren im Jahr 2005 deutlich höher als im Jahr 2006. Hingegen war der Gehalt an ätherischem Öl in der 3. Saatzeit in beiden Versuchsjahren gleich. Demgegenüber lag der Anteil an trans-Anethol im ätherischen Öl im Versuchsjahr 2006 höher als im Vorjahr, in dem eine deutliche Verminderung des trans-Anethol-Gehaltes durch späte Aussaat induziert wurde (s. Tab. 1). Die Gehalte an Estragol waren mit etwa 0,30 bis 0,80 % sehr gering (Werte hier nicht dargestellt). Insgesamt ist festzustellen, dass eine frühe Aussaat (Anfang April) von Anis unter den gegebenen Standortbedingungen eine wichtige Voraussetzung ist, um hohe Fruchterträge zu erreichen. Die Gehalte an ätherischem Öl scheinen jedoch stärker von den Witterungsbedingungen als vom Aussaattermin abhängig zu sein.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 242–243 (2007)

Effect of harvest frequency on leaf yield and concentration of polyphenols in artichoke (*Cynara cardunculus* L.)

Sajid Ali & Bernd Honermeier

Introduction

Artichoke is a traditional vegetable crop of south European countries and is best suited to the subtropical environment. Leaves of artichoke contain high percentage of polyphenolic compounds and can be used for medicinal purposes. Artichoke leaves are considered choleretic (bile increasing), hepatoprotective, cholesterol reducing and diuretic. In Germany it is used for choleretic disorders for its lipid-lowering, hepato-stimulating, and appetite-stimulating actions. Kraft (1997) reported the use of artichoke for recovery against abdominal pain, bloating, flatulence and nausea in 4-6 weeks with a low rate of side effects.

Schutz *et al.* (2004) developed a method for identification and quantification of phenolic compounds in artichoke and detected 11 caffeoylquinic acids and 8 flavonoids. Medicinal value of artichoke leaves have been neglected in past and a very few work has been done to device agronomic techniques to maximize the polyphenolic contents of artichoke leaves. The leaf yield is affected by different agronomic and environmental factors. Keeping these points into consideration following research project was designed and conducted to study the influence of varying harvest frequency on the leaf yield and polyphenolic contents of artichoke.

Material and Methods

The research project was carried out at the research station of the Institute of Crop Science and Plant Breeding in Gross Gerau during the year 2006. The crop was grown manually in 75 cm wide rows where as intra-row spaces were maintained to be 25 cm. Gobbo di Nizza cultivar from Italy was sown in 3.0 x 7.0 m plots. Experimental treatments were randomized in quadruplicated randomized complete block design (RCBD). Following different harvest frequencies were used as experimental treatments during the course of the experiment:

LHF= Low harvest frequency (3 cuttings in total),
MHF= Medium harvest frequency (5 cuttings in total),
HHF= High harvest frequency (6 cuttings in total).

Data on different growth and yield parameters were collected using standard procedures. The samples for the laboratory analyses were dried at 35 - 40° C to a constant dry weight, where as those for dry matter yield were dried at 105° C. Polyphenols were identified and quantified by HPLC method modified by Brand and Weschta (1991). The collected data were subjected to statistical analysis using SPSS. LSD at 5 % probability level was used to compare the treatment means.

Institute of Crop Science and Plant Breeding I, Justus Liebig University Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Giessen, e-mail: Sajid.Ali@agrar.uni-giessen.de

Results and Discussion

The data on different growth and yield parameters arranged below in the form of table and graph explicit that different harvest frequencies have significant effect on these parameters with the exception of leaf blade which showed a non-significant response to the treatments under study.

Table1 Growth, yield and quality parameters of artichoke (*Cynara cardunculus* L.) in relation to varying harvest frequency, Gross Gerau 2006

Study parameter/Treatment	LHF (3 cuts)	MHF (5 cuts)	HHF (6 cuts)	LSD (0.05)
Plant Height (cm)	51.7 **a**	38.8 **b**	30.6 **c**	9.1
Leaf yield/treatment (t/ha)	45.75 **a**	38.00 **b**	31.53 **c**	4.41
Leaf yield/cut (t/ha)	15.25 **a**	7.60 **b**	5.26 **c**	1.32
Leaf blade (g/leaf)	16.47	14.83	12.55	ns
Leaf vein (g/leaf)	26.54 **a**	15.03 **b**	10.58 **b**	6.94
Caffeoylquinic acids, total (% DM)	1.34 **a**	1.19 **b**	0.97 **c**	0.08
Flavonoids, total (% DM)	0.59 **a**	0.60 **a**	0.47 **b**	0.07

The traditional harvest frequency (3 cuts) showed maximum plant height (51.7 cm) that might refer to the long stay of the crop in the field resulting in the better/more utilization of the nutrients, which gave the treatment an edge over the other treatments under study. Moreover this additional duration of the crop in the field helped it to develop more leaves resulting maximum leaf yield per treatment and per cut. Leaf veins per leaf were also significantly higher in HF1, where as HF2 and HF3 although showed differences but were statistically same.

Caffeoylquinic acid concentration of low harvest frequency (LHF) was found to be 1.34 % DM that proved to be higher and statistically different from MHF (1.19 % DM) and HHF (0.97 %). The same trend was observed in case of flavonoids where minimum concentration was found in case of LHF that was significantly different from other treatments under study.

It can be concluded that traditional harvest method with low harvest frequency may yield higher concentration of polyphenols, although these results are contradictory with the previous findings, where younger leaves (HHF) contained high concentration of polyphenols. It might be supposed that longer development of leaves in low harvest frequency provided the leaves a good chance to use photosynthetic radiation more efficiently that resulted in higher concentration of polyphenols.

References

Brand, N and F. Weschta. 1991. Die analytische Bewertung der Artischocke und ihrer Praeparate. Zeitschrift fuer Phytotherapie 12, 15-21.

Kraft, K. 1997. Artichoke leaf extract-recent findings reflecting effects on lipid metabolism, liver, and gastrointestinal tracts. Phytomedicine 4 (4): 369-378.

Schutz, K., D. Kmmerer, R. Carle and A. Schieber. 2004. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice and pomace by HPLC-DAD-ESI/MS (n). J. Agric Food Chem. 30; 52 (13): 4090-6

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 244–245 (2007)

Inkulturnahme von Bärlauch (*Allium ursinum L.)* - unter besonderer Berücksichtigung des Faktors Licht -

Reiner Almstedt, Andreas Ulbrich* & Ralf Pude**

Einleitung

Der zur Familie der *Alliaceae* gehörende Zwiebel-Geophyt *Allium ursinum L.* (Bärlauch) gilt als typischer Besiedler feuchter, kalkhaltiger humoser Buchenwälder. An diesen Standorten wächst er zumeist großflächig und in dichten Beständen, die im Wald an ihrem knoblauchartigen Geruch, den sie als enzymatische Reaktion auf eine Zellverletzung produzieren, zu erkennen sind.

Hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie ist Bärlauch zurzeit eine sehr beliebte Pflanze. Allein die Schweiz verbrauchte im Jahr 2003 ca. 40 t Bärlauchblätter als Frischware. Dabei greifen die Industrie wie auch Privatpersonen auf Bärlauch-sammlungen am Wildstandort zurück, da eine nachhaltige Kultivierung von Bärlauch bislang aufgrund von bisher nur zum Teil identifizierter Faktoren nicht erfolgreich durchzuführen ist.

Neben Fragen zur Nährstoffversorgung sowie der zu bevorzugenden Bodenart erscheint auch die Lichtmenge zu bestimmten Pflanzenentwicklungsphasen im Bärlauchbestand von nicht zu unterschätzenden Wichtigkeit zu sein. So beschreibt z.B. RAHIM (1991), dass die Lichtintensität als einer der Hauptfaktoren die Größe der Blätter der eng verwandten Knoblauchpflanzen (*Allium sativum L.)* bestimmt.

Aussagen zum Einfluss des Lichtes auf die Bärlauchpflanzen gibt es bereits von einigen Autoren, die ihre Ergebnisse auf Beobachtungen an Wildstandorten stützen, sich aber teilweise widersprechen. Während SCHMIDT (1997) feststellte, das sich der von ihm beobachtet Bärlauchbestand mit zunehmender Belichtung als Folge von Forstarbeiten merklich ausdünnte beschreibt Eggert (1992) ein mit zunehmender Belichtung verbessertes Wachstum der Bärlauchpflanzen an dem von ihm untersuchten Standort.

Um eine klare Aussage zu dem Einfluss des Faktors Licht auf die Bärlauchpflanze und deren Entwicklung machen zu können wurde an der Lehr- und Forschungsstation Marhof der Universität Bonn ein Versuch in einem bereits bestehenden Bärlauchbestand initiiert.

Material und Methoden

Im Jahr 2006 wurde auf der Lehr- und Forschungsstation Marhof ein Bärlauchbestand etabliert, um im darauffolgenden Versuchsjahr erste Frage-Stellungen bearbeiten zu können. Die Zwiebeln wurden mit 60 cm Reihenabstand und 12 cm Abstand in der Reihe gepflanzt. In diesen Bestand wurde 2007 ein Versuch als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen je Versuchsvariante gelegt. Als Versuchsvarianten dienten zwei verschiedene Beschattungsnetze (PH 77 open und PH 55 open) der Firma TGU, die einen Schattiereffekt von 75 % bzw. 55 % bewirken sollen sowie eine unbedeckte Kontrollvariante. Die Netze wurden mit Spanneisen als halbrunder Tunnel über die Parzellen gelegt, um eine vollständige

Reiner Almstedt, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz – Gartenbauwissenschaften, Lehr- und Forschungsstation Marhof, Sechtemer Str. 29, 50389 Wesseling

* Dr. Andreas Ulbrich, Institut für Phytosphäre (ICG 3), Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich

** PD Dr. Ralf Pude, Lehr- und Forschungsstationen der Universität Bonn, Endenicher Allee 15, 53115 Bonn

Beschattung der gesamten Versuchsflächen zu gewährleisten. Um die Herstellerangaben zum Schattiereffekt der Netze zu prüfen wurde die in die Parzellen eintreffende Strahlung mittels Optometern mit Triple-Head-Messköpfen, welche UV-A, UV-B sowie PAR in einem Messkopf erfassen können, bestimmt. Hier konnten signifikante Unterschiede in der Menge der eintreffenden Strahlung (PAR) in den verschiedenen Beschattungsvarianten nachgewiesen werden (Abb. 1).

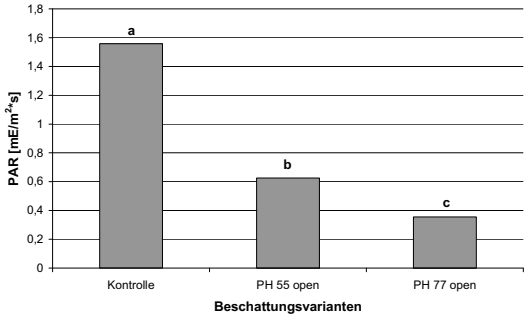


Abb. 1: Einfallende Strahlung (PAR) ermittelt mit Triple-Head-Messköpfen sowie Optometern der Firma Gigahertz-Optik unter den zwei verschiedenen Beschattungsvarianten und der unbeschatteten Kontrollen. Die drei Varianten einer Wiederholung wurden zeitgleich am 02.05.2007 bei sonnigem Wetter gemessen, aus den vier Wiederholungen je Variante wurde jeweils der Mittelwert gebildet. a – c = Signifikanz nach Tukey ($p \leq 0,05$)

Ergebnisse und Diskussion

Tendenziell ist eine Zunahme der Blattgröße und –masse mit steigender Beschattungsintensität zu beobachten. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass die Blätter in den beschatteten Parzellen länger vital bleiben bzw. im Umkehrschluss die Seneszenzprozesse, gekennzeichnet durch ein Absterben der Blattmasse von der Blattspitze und den Blatträndern her, später einsetzen. Diese Aussage stützt sich auf die Tatsache, dass bei Probenentnahmen in der letzten Juniwoche 2007 in allen Varianten mit 55 %iger und 75 %iger Beschattung noch Blätter, wenn auch in fortgeschrittenem Seneszenzstadium, geerntet werden konnten, während in den unbeschatteten Kontrollvarianten keine Blätter mehr vorhanden waren.
Durch die mit diesem Versuch in einem kultivierten Bärlauchbestand erfassten Daten sollen die widersprüchlichen Aussagen bezüglich der Licht- bzw. Schatten-verträglichkeit der Bärlauchpflanze wissenschaftlich geklärt werden und Aussagen zu einer möglichen Verlängerung des Erntefensters von Bärlauch getroffen werden.

Literatur

Rahim, M. A.; R. Fordham 1991: Effect of Shade on Leaf and Cell Size and Number of Epidermal Cells in Garlic (*Allium sativum*). Annals of Botany 67: 167-171

Eggert, A. 1992: Dry matter economy and reproduction of a temperate forest spring geophyte, *Allium ursinum.* Ecography 15: 45-55.

Grime, J. P.; Hodgson, J. G; Hunt, R.: A functional approach to common british species. Comparative Plant Ecology: 72-73

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 246–247 (2007)

Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Majoran und Dost in Abhängigkeit von Beregnung und Nitrifikationshemmer

Ali Azizi & Bernd Honermeier

Einleitung

Verschiedene Arten der Gattung *Origanum* sind aromatisch und werden als Gewürze genutzt. Das im Kraut enthaltene ätherische Öl kann bei Erkrankungen der Rachenschleimhäute und Verdauungsorgane verwendet werden. Wasser- und N-Versorgung können den Gehalt an ätherischem Öl durch Einflüsse auf die Biomasse steigern. Über den Einfluss der N-Düngung mit Nitrifikationshemmern bei aromatischen Pflanzen liegen bislang nur wenige Untersuchungsbefunde vor. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2006 am Standort Groß-Gerau ein Feldversuch durchgeführt, in dem der Einfluss der Beregnung, der Sorte und der N-Düngung mit Nitrifikationshemmern auf den Krautertrag sowie auf den Gehalt und die Zusammensetzung von ätherischem Öl bei Majoran *Origanum majorana* L. und Dost *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* geklärt werden sollte.

Material und Methoden

In einer dreifaktoriellen Anlage wurden die Prüffaktoren A - Sorte (1-Majoran Ägyptischer, 2-Majoran Tetrata, 3-Majoran Marcelka, 4-Dost Pharmasaat), B – Beregnung (1- ohne Beregnung, 2- mit Beregnung) und C - N-Düngung (1- 80 kg/ha N in einer Gabe als ASS, 2- 80 kg/ha N in einer Gabe als Entec mit dem Nitrifikationshemmer Dimethylpyrazolphosphat) etabliert. Die Pflanzen wurden in 4 Wiederholungen in Parzellen mit 10 m^2 Größe und 30 cm Reihenweite gepflanzt. Der Gehalt an ätherischem Öl wurde mit der Methode der Wasserdampfdestillation (Clevenger-Apparatur) und die Hauptkomponenten des ätherischen Öls mit GC-FID bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Tab. 1 sind die Ergebnisse, die mit den 3 Majoransorten erzielt wurden, dargestellt. Die Untersuchungsbefunde zeigen, dass die Länge (zu Blühbeginn) der Majoranpflanzen sowohl durch den Nitrifikationshemmer als auch durch die Beregnung signifikant erhöht wurde. Dieser Effekt bewirkte eine leichte, jedoch statistisch nicht signifikante, Erhöhung der Krauterträge (TM). Der Gehalt an ätherischem Öl im Kraut lag auf einem Niveau von etwa 1 %. Die durchgeführten Düngungs- und Beregnungsmaßnahmen hatten keinen Einfluss auf den Gehalt an ätherischem Öl. Innerhalb der chemischen Verbindungen im ätherischen Öl dominieren das cis-Sabinenhydrat und das Terpinen-4-ol. Die Sorte Tetrata weist einen höheren Anteil an cis-Sabinenhydrat und einen geringeren Anteil an Terpinen-4-ol auf als die Vergleichssorten. Die Anwendung des Nitrifikationshemmers bewirkte eine Erhöhung der Anteile an Terpinen-4-ol und Gamma-Terpinen. Allerdings wurden auch gesicherte Wechselwirkungen zwischen allen drei Prüffaktoren beobachtet. Die Beregnung bewirkte bei Origanum majorana keine gerichtete Veränderung im Gehalt des ätherischen Öls aber sie hatte eine signifikante Abnahme an cis-Sabinenhydrat zur Folge.

Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen, e-mail: Ali.Azizi@agrar.uni-giessen.de

Tab. 1: Einfluss von Genotyp, Beregnung und Nitrifikationshemmer auf Drogenertrag sowie auf den Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls von Majoran (*Origanum majorana* L.), Feldversuch Groß-Gerau 2006

Sorte	Nh	B	PL (cm)	TM (dt/ha)	Öl (%)	CS (%)	TE (%)	GAT (%)
Ägyptisch		1	20.2	9.2	0.97	23.41	22.36	8.43
er	1	2	19.5	6.9	1.00	24.43	21.37	7.70
		1	21.5	9.3	1.18	21.13	23.00	9.92
	2	2	22.6	10.6	1.11	22.79	20.77	9.09
Tetrata		1	19.3	9.7	1.21	36.01	18.15	6.44
	1	2	20.8	10.6	0.97	32.16	19.74	7.60
		1	19.3	10.7	0.98	39.46	16.38	7.33
	2	2	21.6	11.4	1.03	34.75	18.58	7.45
Marcelka		1	18.5	8.8	1.31	25.30	20.03	8.24
	1	2	19.6	9.9	1.09	22.42	22.41	9.00
		1	20.5	8.2	1.00	26.11	29.38	7.10
	2	2	21.5	10.9	1.37	21.98	22.55	9.30
Ägyptisch.			20.9	9.0	1.06	23.06	21.80	8.71
Tetrata			20.2	10.6	1.05	35.59	18.21	7.20
Marcelka			20.0	9.4	1.19	23.95	23.59	8.41
	1		19.6	9.2	1.09	27.29	20.67	7.90
	2		21.1	10.2	1.11	27.99	21.72	8.30
		1	19.8	9.3	1.10	28.89	21.49	7.82
		2	20.9	10.0	1.09	26.42	20.90	8.36
GD 5 %								
Sorte			ns	ns	ns	2.02	1.36	0.42
Nh			1.0	ns	ns	ns	1.11	0.34
B			1.0	ns	ns	1.65	ns	0.34
Sorte×Nh			ns	ns	ns	ns	1.92	0.59
Sorte×B			ns	ns	ns	2.85	1.92	0.59
B×Nh			ns	ns	ns	ns	1.57	ns
So×B×Nh			ns	ns	ns	ns	2.71	0.84

Nh: Nitrifikationshemmer, B: Beregnung, PL: Pflanzenlänge , TM: Trockenmasse , CS: cis-Sabinenhydrat, TE: Terpinen-4-ol, GAT: gamma-Terpinen-Gehalt

In der Literatur gibt es unterschiedliche Hinweise zum Einfluss der N-Düngung auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls. Bei *Leptospermum* hat N einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt von Geranial und alpha-Pinen (Diatloff et al. 1990) aber bei *Nigella sativa* konnte kein Einfluss festgestellt werden (Ashraf et al. 2006). Die im durchgeführten Versuch beobachteten Effekte sprechen für einen geringen Einfluss des Nitrifikationshemmers auf Pflanzenlänge und TM-Ertrag. Die Anteile an cis-Sabinenhydrat, Terpinen-4-ol und Gamma-Terpinen sind dagegen primär genetisch determiniert.

Literatur

Ashraf M. Ali Q. and Iqbal Z. 2006: Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 86:871–876

Diatloff E. 1990: Effects of applied nitrogen fertiliser on the chemical composition of the essential oil of three *Leptospermum* spp. Australian Journal of Experimental Agriculture, 30,68 1-5

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 248–249 (2007)

Die Rolle der Modellierung bei der Zusammenarbeit zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und der Pflanzenökologie

Matthias Langensiepen, Ruprecht Herbst, Patrick Mitchell* & Stephen Burgess*

Wachsende gesellschaftliche Ansprüche an die Verfügbarkeit und Qualität pflanzlicher Produkte stellen die pflanzenbauwissenschaftliche Forschung vor Herausforderungen, die nur durch eine Ausdehnung der fachlichen Anbindungen an ihre Nachbardisziplinen und stärkere Einbeziehung grundlagenorientierter Forschungsmethoden gemeistert werden können (DFG 2005).

Der Fortschritt in der molekularbiologisch orientierten Forschung ist in jüngster Zeit durch eine Explosion an neuen Erkenntnissen gekennzeichnet, die es in der Pflanzenbauforschung zu verwerten gilt. Andererseits werden bei der Analyse pflanzlicher Produktionssysteme neue Fragestellungen aufgeworfen, die sich nur mit Hilfe pflanzenbiologischer Methoden beantworten lassen. In beiden Fällen entsteht dabei das Problem, dass Betrachtungen auf sehr verschiedenen Skalenebenen in kohärente Zusammenhänge gebracht werden müssen. Über die Wahl der dazu notwendigen methodischen Vorgehensweisen scheint noch große Unsicherheit zu herrschen. Eine der Gründe hierfür ist der Mangel einer gemeinsamen Sprache, der eine Kommunikation in dem zunehmend komplexer werdenden Geflecht der Disziplinen immer schwieriger werden lässt.

Aufgrund ihres formal-logischen Charakters lassen sich Forschungshypothesen mit Hilfe der Sprache der Mathematik sehr effizient aufstellen und überprüfen. Der bisherige Erfolg der grundlagenorientierten Naturwissenschaften wäre ohne ihren Einsatz nicht möglich gewesen.

Im Gegensatz zur explorativen Statistik hat die mathematische Modellbildung in den Pflanzenbauwissenschaften bisher eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Die zunehmende Komplexität der Fragestellungen in diesem ohnehin schon integrativ arbeitenden Forschungsgebiet wird jedoch dazu führen, dass Forschungshypothesen auch hier verstärkt in Form von mathematischen Gerüsten formuliert werden, um diese für fachfremde Wissenschaftler verständlicher, explizit überprüfbar und besser in die Praxis übertragen zu können.

In der Pflanzenökologie ist ein ähnlicher Trend zu beobachten. So stand beispielsweise am Anfang der Biodiversitätsforschung die räumlich-statistische Beschreibung von Verteilungsmustern im Vordergrund. Hierbei stellten sich jedoch schnell Fragen nach den möglichen organisatorischen Zusammenhängen in Pflanzengesellschaften. Heute wird zunehmend erkannt, dass hierzu mathematische Modelle formuliert werden müssen, die Stoffflüsse explizit quantifizieren, biologische Reaktionen auf variable Umweltbedingungen charakterisieren, und trophische Beziehungen zwischen Organismen darstellen können.

Fachgebiete Modellierung pflanzlicher Systeme und Precision Agriculture, Institut für Pflanzenbauwissenschaften. Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin. Invalidenstrasse 42, 10115 Berlin. Email: matthias@langensiepen.net

* School of Plant Science, University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley Western Australia 6907

Erste Veröffentlichungen aus dem im November 2007 zu erwartenden vierten Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) deuten auf weitaus größere als bisher zu erwartende Klimaveränderungen hin, welche die Pflanzenproduktion voraussichtlich nachhaltig beeinflussen werden. Um die entsprechenden Auswirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung charakterisieren zu können, muss hierzu nicht nur ein vertieftes Verständnis über individuelle pflanzenbiologische Reaktionen auf die Änderungen der physikalischen Umwelt, sondern darüber hinaus auf dieser Basis ein Ökosystemverständnis entwickelt werden, nach dessen Vorbild Landnutzungssysteme gestaltet werden können, die im besseren Einklang mit der natürlichen Ressourcenbasis stehen.

Die praktische Bedeutung dieses Ansatzes soll anhand eines Beispiels aus dem von Bodenversalzung schwer betroffenen Weizenproduktionsgürtels in West-Australien erläutert werden: Die traditionelle Pflanzenbauforschung, die auf eine Optimierung der Ertragsbildung unter gegebenen Managementbedingungen abzielt, ist bei der Lösung dieses Problems an ihre Grenzen gestoßen. Um die Anpassungsmechanismen pflanzlicher Systeme an die Umweltbedingungen dieser Region besser verstehen zu können, mussten Untersuchungen über die Wassernutzungsmuster einheimischer Pflanzen durchgeführt werden. Eine Zusammenarbeit mit der Pflanzenökologie war daher unumgänglich. Multivariate Analysemethoden werden zunächst zur Identifizierung funktioneller Typen in der extrem artenreichen Pflanzengesellschaft eingesetzt. Repräsentative Typen werden anschließend detailliert hinsichtlich der biologischen Regulation des Wassertransports untersucht. Diese Informationen werden zur Parametrisierung mathematischer Modelle verwendet, die mit Hilfe unabhängiger Transpirationsmessungen validiert werden. Sensitivitätsanalysen und statistische Methoden werden dabei zur Quantifizierung von Parameterunsicherheiten angewandt. Nach erfolgreicher Validierung werden diese Modelle vereinfacht, um eine praktische Anwendung nach dem Muster herkömmlicher Ertragsmodelle zu ermöglichen. Szenarienrechnungen können dann als Planungsvorgaben zur Gestaltung neuer, nachhaltiger Agrarsysteme dienen, die im besseren Einklang mit den spezifischen ökologischen Bedingungen dieser Region stehen.

Dieses und andere Beispiele zeigen, dass der immer größere werdende Druck auf unsere natürlichen Ressourcen dazu führen wird, dass die Pflanzenbau-wissenschaften zukünftig verstärkt mit der Pflanzenbiologie zusammen arbeiten werden. Die quantitative Modellbildung wird bei der Integration der dabei entstehenden Erkenntnisse eine Schlüsselrolle spielen.

Literatur

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2005) Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung. 162 Seiten. Wiley-VCH, Weinheim.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) Climate change 2007 - Fourth Assessment Report. Online: http://www.ipcc.ch/ (Letzter Zugriff 25. Juni 2000)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 250–251 (2007)

Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbausysteme: N-Bilanzsalden und N-Auswaschungsverluste - Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS -

Michael Kelm, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie besteht die Möglichkeit einer zukünftigen Verschärfung der Anforderungen in Bezug auf das Nährstoffmanagement landwirtschaftlicher Betriebe. Für eine repräsentative und belastbare Bewertung unterschiedlicher Landnutzungssysteme fehlten bislang jedoch Datengrundlagen. Im interdisziplinären Projekt COMPASS der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel wurde auf 32 systematisch ausgewählten konventionellen und ökologischen Praxisbetrieben ein umfassendes Monitoring der Nährstoffflüsse und –verluste durchgeführt.

Material und Methoden

Die Auswahl der Projektbetriebe erfolgte anhand von Betriebspaaren: ein konventioneller und ein ansonsten vergleichbarer ökologischer Betrieb befanden sich jeweils in unmittelbarer Nachbarschaft. Am Projekt nahmen 32 überdurchschnittlich leistungsfähige Praxisbetriebe teil. Mit 16 spezialisierten Marktfruchtbetrieben (8 Betriebspaare) und 16 spezialisierten Milchvieh-Futterbaubetrieben (8 Betriebspaare) sind zwei der wichtigsten Betriebstypen repräsentiert.

Auf allen 32 Betrieben wurden die Nährstoffkreisläufe zwischen 2003 und 2006 exakt dokumentiert. Neben der Aufnahme aller Bewirtschaftungsdaten erfolgten Beprobungen u.a. im Hinblick auf Erträge, Qualitätsparameter und N_2-Fixierung von Pflanzenbeständen. Zusätzlich fand auf 8 ausgewählten Betrieben eine Beprobung der N-Auswaschungsverluste mittels Saugkerzen in repräsentativen Fruchtfolgegliedern statt.

Ergebnisse und Diskussion

N-Bilanzsalden können nur dann als aussagekräftige Indikatoren zur Abschätzung der potenziellen N-Verluste eines Betriebes herangezogen werden, wenn die Berechnung auf Hoftor-Ebene sowie unter Berücksichtigung der tatsächlichen N_2-Fixierung von Leguminosen vorgenommen wird. Die auf diese Weise bestimmten N-Salden der Projektbetriebe (Abb. 1) weisen statistisch hoch signifikante Unterschiede ($Pr>F < 0{,}01$) in Bezug auf die Intensität (konventionell vs. ökologisch) und den Betriebstyp (Ackerbau vs. Milchvieh-Futterbau) auf. Sehr niedrige bis negative N-Salden ökologischer Betriebe deuten auf eine insgesamt unzureichende N-Versorgung der Fruchtfolge hin, insbesondere auf der Mehrzahl der spezialisierten ökologischen Marktfruchtbetriebe. Von den untersuchten konventionell wirtschaftenden Betrieben gelingt es der Mehrzahl der Betriebe derzeit nicht, den von der Düngeverordnung ab 2011 geforderten Richtwert für den N-Saldo von maximal 60 kg N/ha einzuhalten. Die große Streuung zeigt jedoch auch, dass dieser Richtwert unter Praxisbedingungen zu realisieren ist. Als zentrale Schwachstellen im N-Management konventioneller Betriebe sind die Bemessung der notwendigen Höhe der N-Düngung, die fachgerechte Anrechnung von Wirtschaftsdünger in der Düngeplanung, sowie auf

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

Futterbaubetrieben ein ineffizienter Einsatz von Futterprotein und hohe Remontierungsraten zu nennen.

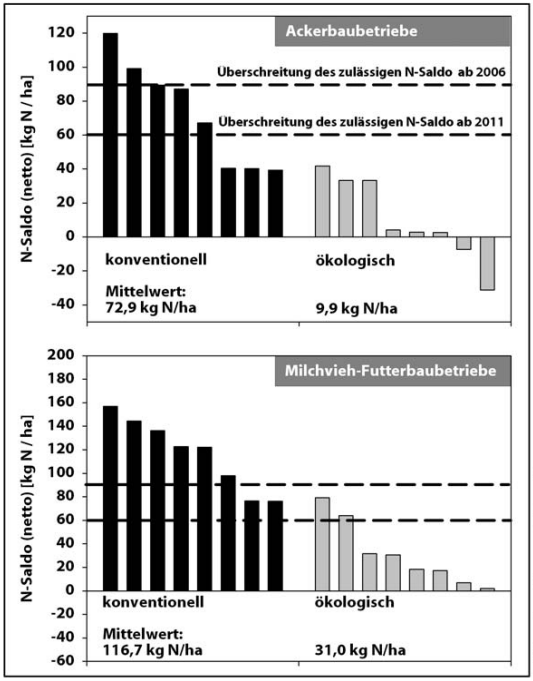


Abb. 1:
N-Bilanzsalden*:
Ackerbaubetriebe (oben),
Milchvieh-Futterbaubetriebe (unten);
Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05.

*** Hoftorbasis, netto, mit gemessenen Werten für die N_2-Fixierung**

Neben den erwartet hohen N-Auswaschungsverlusten nach Raps- (konventionell) bzw. Kleegrasvorfrucht (ökologisch) zu Winterweizen traten auch nach dem abtragenden Fruchtfolgeglied (Stoppelweizen, Wintergerste) konventioneller Marktfruchtbetriebe hohe N-Frachten auf, was im Düngungsmanagement begründet liegt (Taube *et al.*, 2007). Auch unter konventionell bewirtschaftetem Dauergrünland (Mähweiden) sowie im konventionellen wie ökologischen Silomaisanbau wurden deutlich überhöhte N-Frachten gemessen. Dies kann auf den N-Nachlieferungseffekt aufgrund langjähriger organischer Düngung (konventionelle Flächen) bzw. auf die Kleegrasvorfrucht und zusätzliche hohe Mengen an Wirtschaftsdünger zu Silomais (ökologische Flächen) zurückgeführt werden.
Insgesamt konnte im vorliegenden Projekt eine Reihe von Schwachstellen im Anbau- und N-Management konventioneller wie ökologischer Betriebe identifiziert werden. Optimierungspotenziale sind gegeben und sollten konsequent umgesetzt werden.

Literatur

Taube, F.; M. Kelm und J.-A. Verreet (Hrsg.) 2007: Wissen, wo man steht. Ergebnisse des Projektes COMPASS. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – und Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. ISBN 3-9811625-0-9 (als pdf zum Download unter www.uni-kiel.de/compass).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 252–253 (2007)

Die zielorientierte wasserrechtliche Ausgleichsregelung der Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (KWL) auf Basis modellgestützter Stickstoffbilanzierung

Andreas Jäger, Bernhard Wagner*, Kerstin Loth**, Michael Steininger*** & Olaf Christen*

Einleitung

Die seit Januar 2002 gültige Fassung der SächsSchAVO* verpflichtet die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (KWL) zu Ausgleichszahlungen in Wasserschutzgebieten. Für Ausgleichsregelungen nach WHG** sind seitens der Politik und betroffener Akteure verschiedene Ansätze in der Diskussion. - Die für die KWL entwickelte Ausgleichsregelung soll den regional differenzierten hohen Schutzanspruch als wesentlichen Teil der Vorsorgestrategie im Wasserschutz bei zielgenauer Verwendung finanzieller Ressourcen umsetzen. Wesentliches Problem sind Stickstoff-Belastungen im von Natur aus eher gering geschützten Aquifer.

* SächsSchAVO - Sächsische Schutz- und Ausgleichsverordnung für die Land- und Forstwirtschaft
** WHG - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)

Material und Methoden

Ausgleichskriterien sollen landwirtschaftliche und wasserwirtschaftliche Relevanz besitzen. Grundvoraussetzungen sind die Kontrollfähigkeit, die Rückverfolgbarkeit der Stoffströme und deren Transparenz mit einem vergleichsweise geringen Kontroll-Aufwand. Finanzielle Mittel sollen nur für die Flächen aufgewandt werden, die hydrogeologisch die größte Relevanz für die Wasserförderung besitzen. Außerdem soll die Ausgleichsregelung kooperativ gestaltet sein, d.h. mit Wahrnehmung und Berücksichtigung der Interessen beider Vertragspartner.

Ergebnisse und Diskussion

Die KWL haben eine Ausgleichsregelung eingeführt, deren Basis die konkrete im Landwirtschaftsbetrieb erzielte Wasserschutzleistung ist. Abgestuft nach den Schutzanforderungen der Flächen werden die Unterschreitung eines N-Saldos sowie die Praxis des ökologischen Landbaus vereinbart und entstehende Mehraufwendungen der Landwirte ausgeglichen. Die Bewertungsebene hierfür ist der Saldo der N-Flächenbilanz im Mittel der Schläge im Wasserschutzgebiet. Der N-Saldo ist das Ergebnis der landwirtschaftlichen N-Verwertung, er steht als Summe der gasförmigen und sickerwassergebundenen N-Verluste im direkten Bezug zur Sickerwasserbelastung.

1. Nutzung der Software REPRO zur standardisierten Ermittlung des flächenbezogenen N-Saldo in vertraglich gebundenen Landwirtschaftsbetrieben und Auswertung bei den Kommunalen Wasserwerken Leipzig.

2. Datenerfassung auf Grundlage der gesetzlichen Aufzeichnungspflicht (Schlagkartei im WSG), ergänzt durch Angaben zu Tierbeständen, Fütterung und Tierleistungen. Datenkontrolle und -auswertung als Grundlage der Ausgleichszahlungen.

3. Im Bilanzierungsansatz nach REPRO (HÜLSBERGEN 2003) werden in den N-Saldo Veränderungen der Boden-$N_{org.}$-Vorräte im Bilanzzeitraum durch die Netto-

Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH, FB Wasserwerke, 04003 Leipzig
* Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften MLU Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)
** Institut für Betriebswirtschaft, Martin-Luther-Universität (MLU) Halle-Wittenberg, 06108 Halle/Saale
*** Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, 06132 Halle (Saale)

Mineralisation /-Immobilisation über die Kopplung mit der Humusbilanz einbezogen. Das potentielle Nitrat-Auswaschungsrisiko wird nach ABRAHAM (2001) berechnet.

4. Wasserwirtschaftliche Sekundärauswertungen unter Nutzung hydrogeologischer Daten, regionaler Witterungsdaten u. bodenphysikalischer Parameter sind Grundlage für die Weiterentwicklung der Ausgleichsregelung und Beratung von Landwirten.

Ergebnisse der kooperativen zielorientierten Ausgleichsregelung

1. Der ökologische Landbau leistet einen unverzichtbaren Beitrag zur Sicherung weitgehend stabil guter Rohwasserqualität. Weiter zeigt sich die Verbesserung der Grundwassergüte im Anstrom aus konventioneller Landnutzung (Veredlungswirtschaft) im Median und durch Verminderung der Qualitätsschwankungen.

2. Die Transparenz der Landnutzung für den Wasserversorger ermöglicht die Steuerung der Landnutzung durch gezielte Anpassung der vertraglichen Vereinbarungen für die Betriebe bzw. Flächen, für die es nach Kenntnissen der Hydrogeologie und –chemie sowie nach Kenntnis der Bewirtschaftungspraxis notwendig ist.

3. Der ökologische Landbau mit höchster Wasserschutzleistung (niedrige NO_3-Gehalte, Freiheit von PSM-Befunden) ermöglicht auch andere landwirtschaftliche Betriebssysteme im Einzugsgebiet, selbst wenn diese noch nicht oder von ihrer Betriebsstruktur im konkreten WSG grundsätzlich nicht optimal sind. Dadurch ist dem Wasserversorger eine Kostenminimierung möglich, vor allem in Einzugsgebieten, in denen für eine Übergangsfrist keine optimale Wasserschutzleistung zu erbringen ist.

4. Eine nachsorgende Sicherung der Wassergüte hätte Mitte der 90er Jahre etwa den 7fachen Kostenaufwand alleine an Investitionskosten gegenüber den Aufwendungen für eine kooperative Lösung erfordert. Zurzeit erfolgt in einer Diplomarbeit am Lehrstuhl für betriebliches Umweltmanagement der Universität Halle eine umfassende Kosten-Nutzen-Analyse zur Bewertung der Aufwendungen des Wasserschutzes. Hierbei zeichnet sich der ökonomisch deutliche Vorteil der Vorsorge gegenüber einer technischen Aufbereitung geringerwertigen Rohwassers ab; zusätzlich wird die Generierung weiterer ökologischer und sozialer Nutzenkomponenten ermöglicht.

Diskussion

Der Indikator „flächenbezogener N-Saldo“ gestattet eine zielorientierte, kooperative und wirtschaftliche Regelung des Ausgleichs für Landnutzungseinschränkungen in Wasserschutzgebieten bei Grundwassergefährdungen durch diffuse N-Immissionen.

Die Ausgleichsregelung auf Basis des N-Saldos ermöglicht unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betriebssystemen, Anpassungsstrategien zur Reduzierung von Nährstoffüberschüssen zu entwickeln (Anpassung von Betriebs- und Anbaustruktur, Fruchtfolge, Intensität des Betriebsmitteleinsatzes sowie der Gestaltung der Produktionsverfahren). Es werden keine Einzelmaßnahmen des Wasserschutzes “eingekauft”; der Schwerpunkt liegt auf der vorsorgeorientierten Zielerfüllung im Wasserschutz. Die standort- und bewirtschaftungsspezifischen sekundären Auswertungen des N-Saldos sind als Beiträge zur besseren Kenntnis der Einzugsgebiete ein wichtiger Mehrwert der Ausgleichsregelung für den Wasserversorger.

Literatur

ABRAHAM, J. (2001): Auswirkungen von Standortvariabilitäten auf den Stickstoffhaushalt ackerbaulich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, Dissertation. Shaker Verlag Aachen.

HÜLSBERGEN, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitation. Shaker Verlag Aachen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 254–255 (2007)

Zur Standortbindung von Flughafervarietäten (*Avena fatua* L.) in Ostdeutschland

Lothar Siebert, Bodo Hofmann & Olaf Christen

Einleitung

Flughafer (*Avena fatua* L.) erweist sich infolge seiner Standortansprüche, seines Lebensrhythmus, seiner Fortpflanzung, der anatomischen und morphologischen Strukturen als besonders anpassungsfähig, sowohl an lokale natürliche Standortverhältnisse als auch an agrotechnische und agrochemische Intensivierungsmaßnahmen. Die Art *Avena fatua* umfasst zahlreiche Varietäten, bei denen eine intraspezifische Herbizidsensibilität festgestellt wurde (Kirfel 1974). Kenntnisse über die Verbreitung der einzelnen Varietäten sind deshalb zur Kontrolle dieses Wildgrases von besonderem Interesse.

Ziel der Arbeit war es deshalb, das Auftreten von Flughafervarietäten an ökologisch unterschiedlichen Standorten bzw. Landschaftsräumen in Ostdeutschland zu prüfen und Beziehungen zwischen Varietätenverbreitung und Standortbindung zu analysieren. Außerdem sollte untersucht werden, ob sich im Vergleich zu älteren Untersuchungen aus den Jahren 1978 bis 1986 (Siebert 1988) durch bewirtschaftungsbedingte Einflüsse (intensive bzw. extensive Bewirtschaftungsweise) zwischenzeitlich Veränderungen in der Verbreitung und der Standortbindung ergeben haben.

Material und Methoden

Im Erntejahr 2006 (18.07.-22.07.) wurden auf der Grundlage der Untersuchungen aus den Jahren 1978-1986 auf den entsprechenden Ackerschlägen in der Wische (Al1-Standorte), im Oderbruch (Al2), in der Elbaue (Al3), der Börde (Lö1) und der Börderandgebiete (Lö1, Lö2) repräsentative Karyopsenstichproben von *Avena fatua* L. gesammelt und auf ihre mittlere Varietätenzusammensetzung kontrolliert. Dabei wurden je Herkunft 5 x 100 Karyopsen auf die Varietätenanteile geprüft. Die Bestimmung der Flughafervarietäten erfolgte nach Karyopsenmerkmalen auf der Grundlage der von Prante (1971) empfohlenen *Avena fatua*-Systematik.

Da das Vorkommen des Problemwildgrases Flughafer vorrangig von Bodenverhältnissen abhängig ist (Schaeffler 1950, Zade 1912), wurde zur qualitativen Charakterisierung des Standortfaktors Boden die Natürliche Standorteinheit (NStE) genutzt. Bei der Abgrenzung von NStE werden vergleichbare Kennwerte hinsichtlich Bodenart, Bodenzustandsstufe und geologischer Herkunft berücksichtigt, also edaphische Standortfaktoren, die in ihrer Komplexität die Produktivität eines Standortes im wesentlichen widerspiegeln. Zur Erfassung des Bodenparameterspektrums (Textur, Nährstoffverhältnisse, Luft- und Wasserregime) wurde von jedem kontrollierten Ackerschlag jeweils eine Bodenprobe aus der Ackerkrume (0-25 cm) entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

In den geprüften *Avena fatua*-Herkünften der Al1-, Al2-, Al3, Lö1- und Lö2-Standorte in Ostdeutschland konnten 6 Flughafervarietäten nachgewiesen werden (Tab. 1). Die Varietäten *cinerea* und *pilosissima* sind am stärksten verbreitet. Sie sind somit für die landwirtschaftliche Praxis von besonderem wirtschaftlichen Interesse. Die Ergebnisse verdeutlichen die unterschiedlichen Standortansprüche dieser beiden Varietäten.

Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale)

Sie bestätigen somit eine enge Bindung der Varietät *cinerea* an schwere und tonreiche sowie grundwasserbeeinflusste alluviale Standorte der Wische, des Oderbruchs und der Elbaue. Unter diesen spezifischen Standortbedingungen entwickelt die Varietät *cinerea* eine starke Konkurrenzkraft gegenüber den Kulturpflanzen. Auf den lockeren, schluffreichen und gefügestabilen Löß-Standorten der Börde und der Börderandgebiete kommt hingegen fast ausschließlich die Flughafervarietät *pilosissima* vor (Tab. 1). Sie findet unter den genannten Standortverhältnissen ihr ökologisches Optimum. Die Varietäten *superba*, *glabrata*, *pilosa* und *intermedia* werden gegenüber den in den geprüften Herkünften dominierenden Varietäten *cinerea* und *pilosissima* zurückgedrängt. Ihre Konkurrenz- und Durchsetzungskraft ist gering. Sie nehmen sowohl auf den alluvialen als auch den Löß-Standorten nur geringe Anteile an der Gesamtvarietätenzusammensetzung in den Verbreitungsgebieten ein. Eine eindeutige Bindung dieser Varietäten an spezifische Standortbedingungen lässt sich aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht ableiten.

Tab. 1: Verbreitung von Flughafervarietäten in Ostdeutschland in Abhängigkeit von Natürlichen Standorteinheiten (NStE)

Verbreiungs-gebiet	NStE	Prüf-zeitraum	mittlere Varietätenanteile[%] von *Avena fatua* L.					
			cinerea	*pilosissima*	*glabrata*	*pilosa*	*superba*	*intermedia*
Wische	Al1	1978/86	82.87	9.6	0.42	6.38	0.58	0.15
		2006	93.03	5.24	0.04	1.61	0.08	-
Oderbruch	Al2	1978/86	47.95	28.65	5.0	12.59	5.44	0.37
		2006	52.1	20.1	0.76	14.59	11.82	0.63
Elbaue	Al3	1978/86	89.74	6.34	2.58	0.79	0.55	-
		2006	73.57	24.27	0.13	1.53	0.5	-
Börde und Börderand	Lö1	1978/86	3.61	94.58	0.48	0.18	1.15	-
		2006	1.44	98.44	-	-	0.12	-
Börde und Börderand	Lö2	1978/86	4.17	93.82	0.18	0.83	1.0	-
		2006	8.79	90.13	-	0.08	1.0	-

Die ermittelten Ergebnisse belegen mit zunehmender Einheitlichkeit der Standortbedingungen eine Vergrößerung der Homogenität in der Varietätenzusammensetzung von *Avena fatua*-Herkünften. Es wird ersichtlich, dass sich reine *cinerea*-Populationen als Indikatoren für tonige Standorte und reine *pilosissima*-Populationen als Anzeiger für „Lockerböden“ erweisen. Die älteren Befunde der Jahre 1978-1986 werden durch die neueren Ergebnisse aus dem Jahre 2006 bestätigt. Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen im zurückliegenden Zeitraum bewirken somit keine wesentlichen Verschiebungen der standorttypischen Varietätenanteile in den untersuchten Verbreitungsräumen.

Literatur

Kirfel, H. 1974: Die intraspezifische Empfindlichkeit von *Avena fatua L.* gegenüber Herbiziden unter kontrollierten Umweltbedingungen. Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 81: 296-303.

Prante, G. 1971: Ein Beitrag zur Systematik des Flughafers (*Avena fatua L.*). Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 78: 675-694.

Schaeffler, H. 1950: Das Auftreten des Flughafers (*Avena fatua* L.) in Bayern und die derzeitigen Möglichkeiten zu seiner Bekämpfung. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 1, SH 2, BLV-Verlag München, 1-85.

Siebert, L. 1988: Verbreitung von *Avena fatua* –Varietäten auf ausgewählten Natürlichen Standorteinheiten im Gebiet der DDR. Hercynia N. F. 25: 450-454.

Zade, A. 1912: Der Flughafer (*Avena fatua* L.). Arb. d. DLG, H. 229, 1-91.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 256–257 (2007)

Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbausysteme: Vielfalt und Häufigkeit von Vögeln auf Ackerflächen - Ergebnisse aus dem Projekt „AVI-LAND“

Helge Neumann, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Der ökologische Landbau gilt im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise im Allgemeinen als besonders naturverträglich. Zur Bedeutung des Ökolandbaus für wild lebende Vögel liegen bislang jedoch kaum wissenschaftliche Studien vor. In Schleswig-Holstein wurde in den Jahren 2005 bis 2007 eine Vergleichsuntersuchung zur Vogelbesiedlung von ökologisch und konventionell bewirtschafteten Ackerflächen durchgeführt (EU-Interreg III a-Projekt „AVI-LAND“).

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen langjährig ökologisch und konventionell bewirtschaftete Praxisbetriebe zur Verfügung, deren pflanzliche Produktion parallel in dem Forschungsvorhaben „COMPASS“ analysiert wurde (siehe Kelm et al. in diesem Band). Für die Brutvogelerfassungen wurden 40 Ackerschlagpaare ausgewählt, die sich in der Art der Bewirtschaftung unterschieden (konventionell, ökologisch), im Hinblick auf sonstige Parameter, die das Vorkommen von Vögeln beeinflussen können (z.B. Flächengröße, Heckendichte), jedoch vergleichbar waren. Bei der Paarbildung wurde zusätzlich darauf geachtet, dass die Anbaufrüchte der Äcker repräsentativ für die jeweilige Wirtschaftsweise waren (Tab. 1). Die Brutvogelerfassungen erfolgten in Anlehnung an die indirekte Methode der Revierkartierung, bei der insbesondere singende, warnende oder Futter eintragende Vögel registriert werden. Die Erfassungen beschränkten sich auf Vogelarten, von denen bekannt ist, dass sie direkt auf Ackerflächen brüten. Auf 35 Ackerschlagpaaren wurden die Kartierungen außerhalb der Brutzeit fortgesetzt (Oktober-April, Tab. 2). Da die Probeflächen in der Nicht-Brutzeit nur sehr wenige Vögel aufwiesen, wurden diese im Hinblick auf ihre bevorzugte Winternahrung zu Gilden zusammengefasst (nach Literaturangaben). Für die erhobenen Parameter (siehe Ergebnisse) wurde je Schlagpaar die Differenz zwischen konventionellem und ökologischem Anbau gebildet. Die Paardifferenzen wurden mit dem Vorzeichen-Test überprüft (Signifikanzniveau 5 %).

Ergebnisse und Diskussion

Zur Brutzeit wurde die Vielfalt an Vogelarten nicht von der Art der Wirtschaftsweise beeinflusst (Tab. 1). Bei dem Vergleich der Siedlungsdichten einzelner Arten zeigte die Feldlerche die deutlichste Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsart. Feldlerchen traten in allen Jahren deutlich häufiger auf den ökologisch genutzten Äckern auf. Der Fasan erreichte im Mittel der Untersuchungsjahre ebenfalls höhere Dichten auf den ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. Schafstelzen wurden hingegen in einem der drei Untersuchungsjahre zahlreicher auf den konventionellen Schlägen nachgewiesen. In der Nicht-Brutzeit lagen ebenfalls keine Unterschiede in der Artenvielfalt vor. Die Gruppe der überwiegend carni-/insektivoren Vogelarten (Fleisch-/Insektenfresser) erreichte jedoch im Mittel der Jahre auf den ökologisch bewirtschafteten Äckern eine höhere Gesamtsiedlungsdichte als auf den

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, D-24118 Kiel

konventionellen Vergleichsflächen (M=-7,5; Pr>=|M| 0,0135). Die Gilde der überwiegend herbi-/granivoren Vögel (Pflanzen-/Samenfresser) zeigte hingegen keine signifikante Reaktion auf die Anbauform (M=1; Pr>=|M| 0,8555).

Als mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Feldlerchendichten kommen potenziell lichtere Pflanzenbestände sowie ein höheres Nahrungsangebot im Ökolandbau in Frage (Wilson et al., 1997). Die Ergebnisse der Erfassungen zur Nicht-Brutzeit deuten darauf hin, dass das Angebot an tierischer Nahrung für Vögel auf ökologisch bewirtschafteten Äckern größer ist als auf konventionellen Flächen.

Tab. 1: Bewirtschaftung der untersuchten Ackerschlagpaare in den Brutzeiten 2005 bis 2007

Bewirtschaftung	Brutzeit 2005				Brutzeit 2006				Brutzeit 2007			
	Konventionell		Ökologisch		Konventionell		Ökologisch		Konventionell		Ökologisch	
	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha
Silomais	12	80,4	1	11,0	11	53,5	2	14,1	11	46,8	2	4,1
Ackergras	3	9,7			5	17,4			5	15,7		
Kleegras[1]			12	93,1			14	80,6			13	104,7
Körnerleguminosen[2]			7	35,7			4	23,3			5	32,7
Wintergetreide	15	92,2	10	53,8	17	188,2	7	98,4	16	132,0	7	67,5
Winterraps	8	94,8	1	8,6	4	26,1			5	60,9		
Sommergetreide	1	4,0	7	80,9	1	5,0	11	69,0	1	6,0	6	48,1
Hackfrüchte[3]	1	27,0			2	18,0	1	5,6	2	46,7	2	18,8
Saatvermehrung[4]			2	13,0			1	5,1			5	20,2
Kulturarten gesamt	40	308,1	40	296,1	40	308,1	40	296,1	40	308,1	40	296,1
Sommerungen gesamt	14	111,4	15	127,6	14	76,5	18	112,0	14	99,5	15	103,7
Sommerungen %	35,0	36,2	37,5	43,1	35,0	24,8	45,0	37,8	35,0	32,3	37,5	35,0

[1] Schnitt- oder Mulchnutzung; [2] inkl. Gemenge; [3] Zuckerrüben, Kartoffeln; [4] Ölrettich, Rotklee, Deutsches Weidelgras

Tab. 2: Bewirtschaftung der untersuchten Ackerschlagpaare in den Nicht-Brutzeiten 2005/06 und 2006/07 (Teilstichprobe der Brutzeit-Untersuchungen, siehe Tab. 1)

Bewirtschaftung	Nicht-Brutzeit 2005/06				Nicht-Brutzeit 2006/07			
	Konventionell		Ökologisch		Konventionell		Ökologisch	
	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha
Winterzwischenfrucht[1]	1	8,5	7	27,2			1	11,6
Kleegras aus Blanksaat od. im 2. Jahr			8	42,4			15	74,2
Kleegras aus Untersaat[1]			10	72,2			5	24,0
Ackergras	4	15,7	2	14,3	5	18,4	3	20,4
Wintergetreide/-raps Pflugsaat[2]	9	49,8	3	39,1	8	88,3	5	46,1
Wintergetreide/-raps pfluglos[1]	7	85,4			9	66,5		
Winterbrache Pflug	2	9,4	1	7,9			1	9,2
Winterbrache pfluglos[1]	12	64,7	4	28,1	13	60,3	5	45,8
Äcker gesamt	35	233,5	35	231,2	35	233,5	35	231,2
Äcker mit Ernterückständen gesamt	20	158,6	21	127,5	22	126,8	11	81,3
Äcker mit Ernterückständen %	57,1	67,9	60,0	55,2	62,9	54,3	31,4	35,2

[1] inklusive Erntereste der Vorfrucht, Stoppeln i.d.R. bearbeitet; [2] Winterraps nur im konventionellen Anbau

Tab. 3: Signifikanzniveaus (Pr) der mit den Paardifferenzen „Äcker konventionell – Äcker ökologisch" durchgeführten Vorzeichen-Tests in den Brutzeiten 2005 bis 2007

Parameter[1]	Brutzeit 2005		Brutzeit 2006		Brutzeit 2007		Mittel 2005-07	
	M	Pr	M	Pr	M	Pr	M	Pr
Abundanz Feldlerche	***-8,0***	***0,007***	***-6,5***	***0,029***	***-12,0***	***<0,001***	***-11,5***	***<0,001***
Abundanz Fasan	-3,5	0,092	-3,0	0,070	-1,5	0,453	***-5,5***	***0,019***
Abundanz Schafstelze	3,0	0,070	***4,0***	***0,022***	4,0	0,077	4,5	0,064
Abundanz Kiebitz	1,0	0,727	0,5	1,000	1,5	0,250	2,5	0,267
Anzahl Arten	-3,5	0,248	-1,5	0,690	-3,0	0,362	-1,5	0,690

[1] Abundanz: Reviere/10 ha; stat.Tests wurden nur für Arten durchgeführt, die eine jahrweise Präsenz von > 10 % erreichten.

Literatur

Wilson, J. D., Evans, J., Brown, S. J. und J. R. King, 1997: Territory distribution and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and intensive farmland in southern England. Journal of Applied Ecology 34: 1462-1478.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 258–259 (2007)

Ermittlung von Vernalisationsbedarf, photoperiodischer Sensitivität und Frühzeitigkeit bei Weizen (*Triticum aestivum* L.) in einem Feldversuch

Markus Herndl, Jeffrey W. White*, Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Einleitung

Winterweizensorten unterscheiden sich wesentlich in dem Kriterium, wann vegetative Entwicklungsstadien und letztlich der Zeitpunkt der Blüte erreicht wird. Diese Variation wird hauptsächlich durch drei Ansprüche verursacht: Vernalisationsbedarf, photoperiodische Sensitivität und Frühzeitigkeit (Dauer zwischen Aufgang und Blüte bei vollständig erfülltem Vernalisationsbedarf/Anspruch an Photoperiode), wobei der Einfluss in verschiedenen Entwicklungsstadien unterschiedlich sein kann (Slafer und Rawson, 1994). Zahlreiche Studien haben den Einfluss einer dieser Ansprüche in einer semi-quantitativen Art und Weise beschrieben (z.B. Davidson et al., 1985). In den meisten Fällen wurde die Dauer zwischen Aussaat und Blüte durch Kalendertage oder Gradtage unter verschiedenen Vernalisationsbedingungen und photoperiodischen Regimes quantifiziert. Diese Art von Untersuchungen wird generell in kontrollierten Umwelten durchgeführt, was aufwendig ist und die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis reduzieren kann. Diese Studie wurde initiiert um zu prüfen, ob ein Feldversuch die kontrollierten Umwelten ersetzen kann bzw. ob es möglich ist, in einem Feldversuch diese drei Ansprüche über Sorten hinweg exakt zu beschreiben und charakterisieren.

Material und Methoden

26 Winterweizensorten wurden im Jahr 2006 in einem Feldversuch auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48°74`N; 8°93`E, 8.1 °C; 694 mm) unter zwei photoperiodischen Regimes (zwei verschiedene Auspflanztermine) und einer künstlich vorvernalisierten und einer unvernalisierten Variante geprüft. Neun der 26 Sorten wurden hinsichtlich ihrer Sensitivität bzw. Insensitivität auf Photoperiode ausgewählt. Das Versuchsdesign war eine Spaltanlage mit Gitterstruktur der Kleinparzellen. Die Kleinteilstücke bestanden aus den zwei Vernalisationsvarianten, die Großteilstücke aus den beiden Pflanzterminen (04.03.06, 05.05.06). Die künstliche Vorvernalisierung sollte sicherstellen, dass der Vernalisationsbedarf über alle Sorten hinweg gedeckt ist. Dafür wurde Saatgut angekeimt und bei 4°C 60 Tage in einem Keimschrank inkubiert. Relative Ansprüche an Vernalisation (RRV_{GDD}) und Photoperiode (RRP_{GDD}) wurden über so genannte Entwicklungsraten (R) entsprechend der Gleichung R = 1/F errechnet. F berechnete sich aus den Gradtagen (Basistemperatur 0°C) von Auspflanzung bis Ende Ährenschieben. Der relative Vernalisationsbedarf (RRV_{GDD}) wurde anhand der Gleichung $RRV_{GDD} = 1-(R_{NV}/R_C)$ errechnet, wobei R_{NV} die Entwicklungsrate für die unvernalisierte Variante (1. Pflanztermin) und R_C für die vorvernalisiere Variante (1. Pflanztermin) war. Die relative photoperiodische Sensitivität (RRP_{GDD}) wurde anhand der Gleichung $RRP_{GDD} = 1-(R_P/R_C)$ ermittelt, wobei R_P die Entwicklungsrate beim 2. Pflanztermin (vorvernalisierte Variante) und R_C die Entwicklungsrate beim 1. Pflanztermin (vorvernalisierte Variante) war. Die Frühzeitigkeit errechnete sich aus

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), D- 70599 Stuttgart
* USDA ARS, Maricopa, Arizona

den Gradtagen (Basistemperatur 0°C) zwischen Auspflanzen und Ende Ährenschieben in der vorvernalisierte Variante beim 2. Pflanztermin. Um die Anwendbarkeit des Parameters Endblattanzahl zur Quantifizierung des Vernalisationsbedarfes zu testen, wurde ein zusätzlicher Index durch folgende Gleichung ermittelt: RRV_{FLN} = 1-(FLN_{FV}/FLN_{NV}), wobei FLN_{FV} die Endblattanzahl für die vorvernalisierte Variante (1. Pflanztermin) und FLN_{NV} für die unvernalisierte Variante (1. Pflanztermin) war. Um die Verlässlichkeit der Indizes zu prüfen, wurden sie in einem weiteren Schritt mit Inputparametern des Pflanzenwachstumsmodells Cropsim-CERES-Wheat version 4.0.2.0 (CSM; Jones et al., 2003) verglichen. RRV_{GDD} wurde mit dem Modellparameter für Vernalisation P1V, RRP_{GDD} mit P1D und Frühzeitigkeit mit der Summe aus den Parametern P1, P2 und P3 verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich des Zeitraums Auspflanzen bis Ende Ährenschieben der Sorten bei unterschiedlichen Pflanzterminen zeigte, dass die photoperiodische Sensitivität und die Frühzeitigkeit der Sorten im Feldversuch charakterisiert werden konnte (Abbildung 1). Die Gegenüberstellung von RRV_{GDD} mit RRV_{FLN} ergab, dass sich auch die Endblattanzahl zur Quantifizierung des Vernalisationsanspruches eignet.

Ein Vergleich der relativen Entwicklungsraten mit den Modellinputparametern ergab, dass eine individuelle Anpassung von Frühzeitigkeit für jede Sorte die Beziehung zwischen Raten und Modellinputparametern verbesserte. Die Beziehung steigerte sich von vor der Anpassung (konstante Frühzeitigkeit für jede Sorte) r^2= 0.88 ($p < 0.001$), auf 0.94 ($p < 0.001$) für RRV_{GDD} versus P1V und für RRP_{GDD} versus P1D von r^2 =0.34 ($p < 0.01$), auf 0.82 ($p < 0.001$). In dieser Studie war eine Kombination aus unterschiedlichen Pflanzterminen und vorvernalisierten Varianten eine verlässliche Methode um den Vernalisationsbedarf, die photoperiodische Sensitivität und die Frühzeitigkeit von verschiedenen Winterweizensorten zu ermitteln.

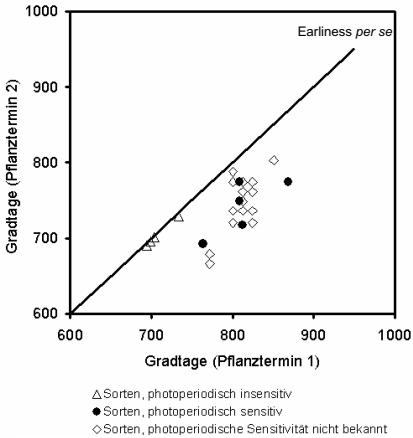


Abb 1: Vergleich des Zeitraums Auspflanzen bis Ende Ährenschieben in Gradtagen, bei zwei Pflanzterminen.

Literatur

Slafer, G.A.., Rawson, H.M., 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. Aust. J. Plant Physiol. 21, 393-426

Davidson, J.L., Christian, K.R., Jones, D.B., Bremner, P.M., 1985. Responses of wheat to vernalization and photoperiod. Aust. J. Agric. Res. 36, 347-359.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT Cropping System Model. Eur. J. Agron. 18, 235-265.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 260–261 (2007)

Die N- und C-Substrate des Blattwachstums von Lolium perenne

Melanie Wild, Christoph Lehmeier, Fernando A. Lattanzi, Rudi Schäufele & Hans Schnyder

Einleitung

Das Blattwachstum von Gräsern ist von der Versorgung der Blattwachstumszonen mit Aminosäuren und Saccharose abhängig. Diese Substrate können entweder direkt nach der Assimilation oder erst nach zwischenzeitlicher Speicherung und Mobilisierung der Wachstumszone zugeführt werden. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Zahl, das Zusammenspiel und die quantitative Bedeutung der am Blattwachstum beteiligten N- und C-Pools zu charakterisieren. Dazu wurden *L. perenne* Pflanzen über verschieden lange Zeiträume $^{13}C/^{12}C$- und $^{15}N/^{14}N$-markiert. Mithilfe von Wachstumsmessungen und der Analyse der Isotopensignaturen der Wachstumszone und neugebildeter Blattgewebe wurden die Markierungskinetiken des importierten N und C errechnet. Die Kinetiken wurden mit kompartimentellen Modellen analysiert.

Material und Methoden

L. perenne Pflanzen wurden einzeln in Töpfen in zwei Klimakammern mit konstanten Umweltbedingungen herangezogen (Temperatur 20ºC, rel. Feuchte 85%, kontinuierliche Beleuchtung mit 275 µmol m^{-2} s^{-1} PPFD, 360 ppm CO_2), und alle drei Stunden mit Nährlösung (NO_3^- als N Quelle) versorgt. Beide Kammern waren Teil eines $^{13}CO_2/^{12}CO_2$- und $^{15}NO_3^-/^{14}NO_3^-$-Markierungssystems (Schnyder et al., 2003) und unterschieden sich nur hinsichtlich der C- und N-Isotopenzusammensetzung des CO_2 (-1.7 bzw. -28.8‰ $\delta^{13}C$) bzw. des Dünger-N (1 bzw. 0.37 atom% ^{15}N;. Nach Bestandesschluss wurden zufällig ausgewählte Pflanzen für Zeitintervalle von 2 h bis 575 h markiert, indem sie von der einen Kammer in die andere transferiert wurden. Sobald die gewünschten Markierungszeiten erreicht waren, wurden Wachstumszonen und neugebildetes Blattgewebe geerntet, gefriergetrocknet und auf ihren N- und C- Gehalt sowie ihre Isotopensignatur untersucht. Die Anteile des markierten N und C im Importfluss in die Wachstumszone wurden nach (Lattanzi et al., 2005) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Markierungskinetiken des N- und C-Importflusses zeigten bei N drei und bei C vier verschiedene Phasen, Hinweis dafür, dass die N-Versorgung durch (mindestens) drei Pools und die C-Versorgung durch vier Pools erfolgte (Abb. 1). Mithilfe der kompartimentellen Modellierung wurden die Halbwertszeiten (Tabelle 1) und die Bedeutung der Pools ermittelt (Abb. 2). Die N-Pools entsprachen vermutlich Nitrat- (Q_p), Aminosäure- (Q_1) und Proteinpools (Q_2); während die C-Pools vornehmlich die Saccharose im Phloem und Zytoplasma (Q_3), vakuoläre Kohlenhydrate (Saccharose und Fruktane; Q_4) sowie Proteine (Q_2) enthielten (Abb. 2).

Tab. 1: Halbwertszeiten ($t_{0.5}$, h) der N- und C-Substratpools zum Blattwachstum

	Qp	Q1	Q2	Q3	Q4
N	0.5	0.4	127	-	-
C	-	0.6	74	0.7	14

Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Am Hochanger 1, 85350 Freising
email: schnyder@wzw.tum.de

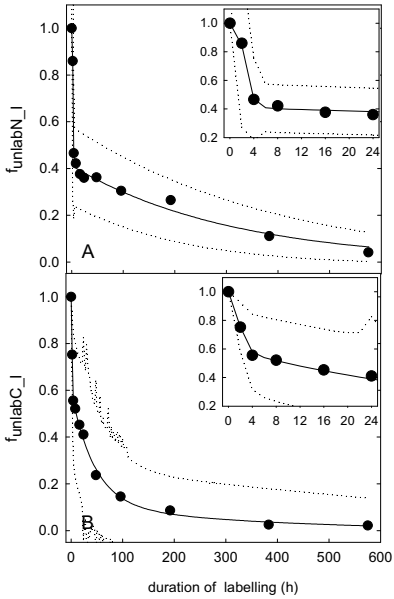


Abb. 1: Markierungskinetiken des N- und C-Imports in die Blattwachstumszone.

f_{unlabX_l}: Anteil an unmarkiertem N und C im Importfluss in die Wachstumszone über einen Markierungszeitraum von 2 bis 575 Stunden (n=4). Die durchgezogene Linie stellt die Modellsimulation dar, die gepunktete Linie das 95% Vertrauensintervall.

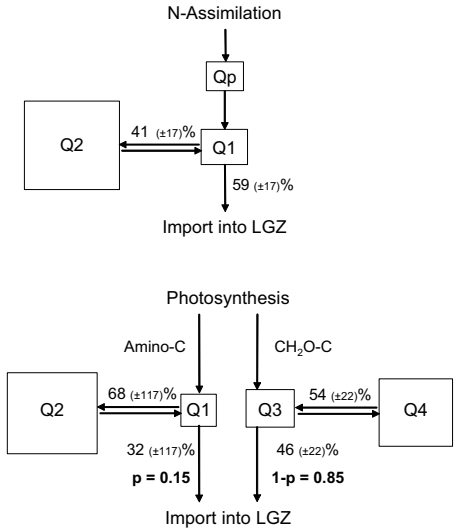


Abb. 2: 3- und 4-Pool-Modelle der N- und C-Versorgung des Blattwachstums.

Die Größen der Quadrate geben die relativen Poolgrößen wieder. Die Prozentzahlen an den Pfeilen zeigen den Beitrag der einzelnen Pools zur Substratversorgung (±1SE). Das Verhältnis von CH_2O-C zu Amino-C beträgt 85:15 (p)

Die N-Versorgung der Wachstumszone geschah zu 59% durch Produkte der aktuellen Assimilation, d.h. Assimilate (Aminosäuren) die ohne zwischenzeitliche Speicherung der Wachstumszone zugeführt wurden. Die restlichen 41% stammten aus der Mobilisierung von Proteinen. Kohlehydrate trugen mit 85% zur C-Versorgung der Wachstumszonen bei, wobei die eine Hälfte direkt translozierte, die andere Hälfte kurzzeitig gespeichert wurde. Amino-C trug mit 15% zur C-Versorgung der Wachstumszonen bei. Dabei spielten sowohl mobilisierte Blattproteine (68%) als auch aktuell assimilierte Aminosäuren (32%) eine Rolle.

Literatur

Lattanzi F.A., Schnyder H. & Thornton B., 2005: The Sources of Carbon and Nitrogen Supplying Leaf Growth. Assessment of the Role of Stores with Compartmental Models. Plant Physiology, 137, 383-395.

Schnyder H., Schäufele R., Lötscher M. & Gebbing T., 2003: Disentangling CO2 fluxes: direct measurements of mesocosm-scale natural abundance (CO2)-C-13/(CO2)-C-12 gas exchange, C-13 discrimination, and labelling of CO2 exchange flux components in controlled environments. Plant Cell and Environment, 26, 1863-1874.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 262–263 (2007)

Analyse von Stoffwechselmetaboliten in endophytinfiziertem und endophytfreiem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) unter Trockenstress

Heike Hahn, Oliver Fiehn* & Barry Scott*

Einleitung

Unter Metabolomics wird die Identifizierung und Quantifizierung aller Stoffwechselprodukte (Metaboliten) verstanden, die an der Zellphysiologie beteiligt sind oder auf deren Funktion Einfluss nehmen. Da diese niedermolekularen Metaboliten (z.B. Aminosäuren, Zucker, Lipide u.a.) Endprodukte der Genexpression sind, kann durch ihre Analyse der aktuelle Zustand der Zelle bzw. des Organismus beschrieben werden. Folglich ist die Analyse von derartigen Metaboliten ein geeignetes Werkzeug, um die physiologische Reaktion eines Organismus auf biotische oder abiotische Stressfaktoren zu untersuchen (Fiehn, 2002)

Ziel der vorliegenden Studie war es, eine Metabolit-Analyse am Weidelgras durchzuführen. Es ist schon lange bekannt, das endophytische Pilze in Gräsern die Bildung sekundärer Metaboliten induzieren, die einerseits für Weidetiere toxisch sein können (z.B. Ergotalkaloide, Indol-Diterpenoide), aber andererseits bestimmte Schädlinge abwehren (Peramin). Da sich bisherige Untersuchungen vorrangig auf diese Alkaloide konzentrierten, sollte in der vorliegenden Arbeit anhand von Metabolit-Profilen geklärt werden, ob in endophytinfiziertem Weidelgras weitere endophytspezifische Stoffwechselprodukte gebildet werden. Darüber hinaus sollte untersucht werden, wie sich die Zusammensetzung der Metaboliten unter Trockenstress verändert.

Material und Methoden

Mit dem Endophyten *Neotyphodium lolii* infizierte Klone (E+) und die entsprechenden, genetisch identischen endophytfreien Klone (E-) von zwei Weidelgrasgenotypen (*Lolium perenne* L.) wurden für die Untersuchungen ausgewählt. Während eines 26tägigen Versuches unter kontrollierten Bedingungen wurden diese E+ und E- Klone sowohl unter optimaler Wasserversorgung (Kontrolle) als auch unter steigendem Wasserdefizit (Trockenstress) kultiviert. Von der im Versuchszeitraum gebildeten oberirdischen Masse erfolgte mit Hilfe von Gaschromatographie in Kombination mit Massenspektroskopie (GC-MS) eine Metabolit-Analyse, bei der 243 Metaboliten (bekannte und unbekannte Verbindungen) detektiert wurden. Vor der statistischen Auswertung wurden die Daten wurden mittels Vektornormalisierung normalisiert. Vergleiche zwischen optimaler Wasserversorgung und Trockenstress als auch zwischen E+ und E- erfolgten für jeden Metabolit anhand kalkulierter t-Werte (P=0.01; Bonferroni korrigiert). Darüber hinaus wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt (Matlab), um Unterschiede in den komplexen Metabolit-Profilen zwischen den Varianten E+/E- und Kontrolle/Trockenstress herausstellen zu können.

Heike Hahn, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Spezieller Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle

* Oliver Fiehn, UC Davis Genome Center, GBSF Building room 1315, 451 East Health Sciences Drive, Davis (CA) 95616-8816, USA

**Barry Scott, Institute of Molecular BioSciences, College of Sciences, Massey University, Private Bag 11 222, Palmerston North, New Zealand

Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß war die Akkumulation der meisten Metaboliten unter Trockenstress reduziert. Einige Substanzen zeigten jedoch unter Wassermangel stark erhöhte Werte wie beispielsweise Prolin. Prolin spielt eine Schlüsselrolle als Indikator für Trockenstress in Pflanzen. Über erhöhte Prolinwerte unter Wassermangel wurde bereits bei vielen Arten berichtet, jedoch werden die Rolle des Prolins im Prozess der osmotischen Anpassung und die Auswirkung verstärkter Prolinakkumulation auf den Ertrag kontrovers diskutiert.

Nur zwei Metaboliten zeigten signifikante Unterschiede zwischen E+ und E-: Mannitol und eine unbekannte Verbindung. Mannitol ist einer der bekanntesten Zuckeralkohole in Pilzen (Lewis and Smith, 1967) und wurde bereits in endophytinfiziertem Rohrschwingel nachgewiesen. Beim Vergleich von E+ Pflanzen mit und ohne den Einfluss von Trockenstress zeigten beim Rohrschwingel die Pflanzen nach Trockenstress die höheren Mannitol-Akkumulationen (Richardson et al., 1992), wogegen im vorliegenden Weidelgras-Versuch die Klone mit ausreichender Wasserversorgung durch die höheren Mannitol-Niveaus charakterisiert waren. Offensichtlich haben Dauer und Intensität des Wassermangels einen entscheidenden Einfluss auf darauf, welche Metaboliten in welcher Quantität zunächst in den Pilzen gebildet werden und in welchem Ausmaß diese dann auch in den Organen der E+ Pflanzen akkumuliert werden.

Neben dem Vergleich einzelner Metaboliten ermöglichte die Hauptkomponentenanalyse den Vergleich der gesamten Metabolit-Profile zwischen den einzelnen Varianten des Versuches. Wie zu erwarten war, konnte eine deutliche Gruppierung zwischen den Klonen unter Kontrollbedingungen und den Klonen unter Trockenstress erzielt werden. Beide Genotypen bildeten eigene Cluster, was auf die ausgeprägte Genotyp-Spezifität der Metabolitprofile hindeutet. Unter ausreichendem Wasserangebot waren die Differenzen zwischen den Genotypen ausgeprägter als unter Trockenstress. Demgegenüber waren die Unterschiede zwischen den endophytbefallenen und endophytfreien Varianten relativ gering. Anhand der Verschiebungsvektoren wird deutlich, dass der Endophyteffekt stark von dem Gras-Genotyp und dem Wasserangebot abhängt. Wie in zahlreichen anderen Versuchen konnte auch mit den Metabolitprofilen nachgewiesen werden, dass die Kompatibilität zwischen dem Endophyt-Genotyp und dem Gras-Genotyp von entscheidender Bedeutung für die Ausprägung der Symbiose ist.

Literatur

Fiehn, O. 2002: Metabolomics – the link between genotypes and phenotypes. Plant Molecular Biology 48: 155-171

Lewis, D.H. and D.C. Smith, 1967: Sugar alcohols (polyols) in fungi and green plants: I. Distribution, physiology, and metabolism. New Phytol. 66: 143-184

Richardson, M.D., G.W. Chapman, C.S. Hoveland Jr. and C.W. Bacon 1992: Sugar alcohols in endophyte-infected tall fescue. Crop Sci. 32: 1060-1061

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 264–265 (2007)

Winterbeweidung als Nutzungsalternative zur Mulch- oder Schnittnutzung von Ackerkleegrasbeständen

Derk Westphal, Ralf Loges & Friedhelm Taube

Einleitung

Durch Ansaatmischung und Nutzung von Kleegrasbeständen werden die Ertragsleistung sowie die Futterqualität der Bestände beeinflusst (LOGES, 1998). Weiterhin wirken sich diese Steuergrößen das Ausmaß der Nitratverlagerung und die Vorfruchtleistung des Kleegrases aus (DREYMANN, 2005). Neben der reinen Schnittnutzung und der Nutzung als Gründüngung besteht die Möglichkeit der Nutzung als Mähweidesystem. Weidehaltung gilt durch die geringeren Gebäude- und Futterkonservierungskosten im Vergleich zur Schnittnutzung als deutlich kostengünstiger. Von daher sollte aus ökonomischen Gründen eine maximale Weidedauer angestrebt werden. Auf Dauergrünlandflächen kann die Winterbeweidung Trittschäden und Narbenverletzungen mit sich führen. Durch die Winteraußenhaltung von extensiven Rinderrassen oder Schafen auf Ackerkleegrasschlägen, die ohnehin im darauf folgenden Frühjahr umgebrochen werden, wären diese Probleme irrelevant.
Ziel dieses Projektes ist die Prüfung unterschiedlicher Kleegras-Saatmischungen in Bezug auf Ertragsleistung, Futterqualität und Eignung zur Winterbeweidung, deren Vorfruchtwirkung auf nachfolgenden Sommerweizen aber auch auf Gefahren einer möglichen N-Auswaschung. Dabei wird erwartet, dass es mit Kleegrasgemengen gelingen kann, extensive Mutterkuhrassen bzw. Mutterschafe, ohne große Gewichtsverluste im Winter, auf der Weide zu ernähren. Bei der Auswahl der Grasart erhielt der Rohrschwingel besondere Berücksichtigung, da dieser als wintergrüne Grasart gilt und in anderen Untersuchungen Vorteile gegenüber Dt. Weidelgras aufwies (OPITZ V. BOBERFELD & BANZHAF, 2004). In Bezug auf Umweltaspekte wird davon ausgegangen, dass im Vergleich zur Beweidung oder zum Mulchschnitt im Oktober, die Beweidung des letzten Aufwuchses durch die zeitliche Verschiebung der Nutzung sogar zu geringeren N-Auswaschungen führt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf dem nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Betrieb „Hof Ritzerau“ (48 Bp, 8,5°C Jahresdurchschnittstemperatur, 750 mm Durchschnittsjahresniederschlag) im ostholsteinischen Hügelland durchgeführt. Dazu wurden Kleegrasbestände mit unterschiedlichen Gras- (Dt. Weidelgras (DW), Rohrschwingel (RS)) und Leguminosenarten (Weißklee (WK), Rotklee (RK) und Luzerne (LZ)) in einer Blockanlage mit dreifacher Wiederholung etabliert (Untersaat im Winterweizen). Die Bestände wurden als System mit alternativ drei Mulchschnitten, drei Siloschnitten oder als Mähweidesystem mit 2 Siloschnitten und Beweidung des letzten Aufwuchses im Oktober, Dezember oder Januar genutzt. Zu jeder Nutzung wurden die Trockenmasseerträge bestimmt und der Rohprotein- (RP) und Energiegehalt mittels NIRS gemessen. Über Winter wurde die Nitratauswaschung mittels keramischer Saugkerzen erhoben. Nach einem Frühjahrsumbruch wurde Sommerweizen angesät und zur Ernte die Ertragsleistung und Kornqualität ermittelt. Das zweite Versuchsjahr befindet sich in der Auswertung.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Universität Kiel, Herrmann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel, Email: dwestphal@email.uni-kiel.de

Ergebnisse und Diskussion

Die Begleitgrasart RS führte im Versuchsjahr 2005 bei Schnittnutzung im Vergleich zum DW zu höheren Jahres-TM-Erträgen bei gleichzeitig niedrigeren Leguminosenanteilen im Bestand. Im Vergleich zum WK erwiesen sich RK und LZ als deutlich konkurrenzkräftiger gegenüber beiden Begleitgräsern. In Bezug auf den RP- bzw. Energie-Gehalt der Leguminosenfraktion zeigte WK die höchsten und Rotklee die niedrigsten Gehalte. RK und LZ führten aufgrund der höheren Leguminosenanteile im Vergleich zum WK jeweils zu höheren TM-Erträgen, höheren RP-Gehalten im Begleitgras sowie höheren RP-Gehalten im Gesamtbestand und damit auch zu höheren N-Erträgen. Im Gegensatz dazu wiesen die Mischungen mit WK die höchsten Energiekonzentrationen auf (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss der Saatmischung auf ausgewählte Ertrags- und Futterqualitätsparameter der Kleegrasbestände bei [A]dreimaliger Schnittnutzung bzw. [B]bei Beweidung des dritten Aufwuchses. Auf den Faktor Saatmischung beruhende Unterschiede innerhalb der Parameter sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Ansaatmischung	WK DW	WK RS	RK DW	RK RS	LZ DW	LZ RS
[A]Ertrag [dt ha^{-1}]	97.3^{b}	109.2^{b}	184.0^{a}	188.8^{a}	174.8^{a}	197.9^{a}
[A]RP-Gehalt [%]	14.4^{b}	10.5^{c}	17.8^{a}	15.0^{b}	18.9^{a}	18.8^{a}
[A]N-Ertrag [kg N ha^{-1}]	225.0^{b}	183.7^{b}	525.1^{a}	452.7^{a}	527.2^{a}	594.1^{a}
[A]Energie [MJ NEL kg^{-1} TM]	6.2^{a}	5.9^{b}	5.6^{c}	5.7^{bc}	5.9^{bc}	6.0^{b}
[B]Energie Okt. [MJ NEL kg^{-1} TM]	6.8^{a}	6.5^{b}	6.5^{b}	6.4^{b}	6.5^{b}	6.4^{b}
[B]Energie Jan. [MJ NEL kg^{-1} TM]	6.7^{a}	5.9^{b}	5.4^{c}	5.7^{bc}	4.2^{e}	4.7^{d}

Beim Vergleich des 3. Aufwuchses zur Beweidung Anfang Oktober bzw. zur Winterbeweidung Anfang Januar wiesen alle Mischungen beim Oktobertermin höhere Mengen an beweidbarer Sprossmasse bzw. höhere Energiegehalte, sowie bei fast allen Mischungen höhere RP-Gehalte auf. Im Herbst zeigten die Bestände mit WK noch die niedrigsten TM-, RP- und Energie-Erträge. Zum späten Termin nähern sich die LZ- und RK-Bestände jedoch im RP- bzw. Energieertrag den Mischungen mit WK an. Insbesondere in den Beständen mit LZ nahmen in Folge hoher Blattverluste die beweidbare Biomasse bzw. Rohprotein- und Energiegehalte ab (Tab. 1). LZ scheint daher für die Beweidung über Winter ungeeignet zu sein.

Über die Mulch- bzw. Mähweidenutzung werden der Fläche im Vergleich zur Schnittnutzung größere N-Mengen zugeführt. Diese stehen entweder der Nitratauswaschung über Winter oder der Folgefrucht Sommerweizen zur Verfügung. Im Sickerwasser hatte das Nutzungssystem allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Nitratauswaschung (ohne Abb.). Auch die Erträge, sowie die Rohproteingehalte des Sommerweizens konnten durch die Art der Bewirtschaftung nicht beeinflusst werden. Das Mulchsystem erwies sich als nicht besser geeignet, da es keine Vorteile gegenüber den anderen Systemen bildet. Dagegen können die Flächen über Winter ohne negative Effekte für den Sommerweizen beweidet werden.

Literatur

Dreymann, S. (2005): N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Disserta-tion, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Loges, R. (1998): Ertrag, Futterqualität, N2-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleegrasbeständen. Dissertation, Universität Kiel.

Opitz v. Boberfeld, W., Banzhaf, K. (2004): Zu den Winterweideeigenschaften festucoider und loloider Gattungsbastarde unter variierenden Bedingungen, In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 16, S. 231-232

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 266–267 (2007)

Perspektiven der Grünlandforschung in Deutschland

Johannes Isselstein & Jürgen Schellberg*

Einleitung

Die landwirtschaftliche Grünlandforschung in Deutschland verliert seit einigen Jahren an Bedeutung. Forschungskapazitäten werden auf allen Ebenen abgebaut; an vielen Universitäten und Fachhochschulen ist die Disziplin kaum mehr vertreten, in Bundes- und Landanstalten der angewandten Agrarforschung werden freiwerdende Stellen nicht wieder besetzt. Diese Entwicklung geht einher mit der abnehmenden ökonomischen Bedeutung des Grünlands für die Landwirtschaft. Die Milcherzeugung stützt sich verstärkt auf Mais und energiereiche Futtermittel und auch in der Bioenergieerzeugung hat der Mais dem Gras den 'Rang abgelaufen'. Das Grünland als Forschungsgegenstand erfährt jedoch in den letzten Jahren eine starke wissenschaftliche Beachtung - weitgehend unabhängig von seiner landwirtschaftlichen Bedeutung. Dies gilt insbesondere für die internationale ökologische und Naturschutz-bezogene Forschung. Die nach den Ökosystemfunktionen von Biodiversität suchende Forschung befasst sich vorrangig mit Grünland (Tilman et al. 1996, Hector et al. 1999); die Bedeutung von Megaherbivoren für die Vegetationsdecke der prähistorischen Landschaft bzw. für heutige Naturschutzgebiete wird an Grünlandsystemen studiert (Olff et al. 1999), und grundlegende Erkenntnisse zu Kohlenstoff- und Stickstoffflüssen genutzter Landschaften werden im Grünland gewonnen (Lemaire et al. 2005). Es stellt sich die Frage, welche Zukunft unter diesen Bedingungen die landwirtschaftliche Grünlandforschung in Deutschland hat. Der Beitrag versucht zu analysieren, wo die spezifischen Kompetenzen und Ziele der landwirtschaftlichen Grünlandforschung liegen, wer der Adressat von Forschungsergebnissen ist und welchen Beitrag die Forschung unter den geänderten Bedingungen und im Kontext starker Nachbardisziplinen zum wissenschaftlichen Fortschritt leisten kann.

Material und Methoden

Die Grünlandforschung nahm seit den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine rasante Entwicklung in Deutschland. Sie war stets eng verbunden mit der pflanzenbaulichen Forschung und wie diese erhielt sie die entscheidenden Impulse durch die gesellschaftlichen Anforderungen an die Landnutzung, durch sich ändernde Umweltbedingungen, durch technischen Fortschritt und durch Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern (Stützel & Isselstein 2007). Bis in die 80er Jahre hatte es gesellschaftliche Priorität, das Grünland für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte zu verbessern. Die Grünlandforschung nutzte technischen Fortschritt und naturwissenschaftliche Erkenntnis, um die Produktionsleistung des Grünlands erheblich zu erhöhen. Damit erwies sich die Grünlandwissenschaft vor allem als eine sehr effiziente, einem praktischen Ziel verpflichtete bzw. an einen Zweck gebundende Wissenschaft. Grünlandforschung war somit per se nicht zweckfrei sondern sah sich im Kontext landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. Forschungsfragen entwickelte sie weniger 'aus sich heraus' sondern sie reagierte auf die sich ändernden äußeren Impulse. Diese Zweckgebundenheit schloss keineswegs

Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, E-Mail: jissels@gwdg.de.
* Universität Bonn, INRES, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn, E-Mail: j.schellberg@uni-bonn.de

aus, dass sich die Forschung nicht auch den wissenschaftlichen Grundlagen zuwandte. Erachtet man als Charakteristikum einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin, dass sie eine eigene Methodik entwickelt und zur Theoriebildung beiträgt, so läßt sich die Grünlandwissenschaft zweifelsohne in diese Kategorie einordnen. Als ein zwischen Pflanzenbau und Tierhaltung vermittelndes Fach, hat die Grünlandwissenschaft insbesondere eine eigene Methodik in der Analyse und Bewertung komplexer Systeme entwickelt. Beispiele innovativer Beiträge sind die weit über die Agrarforschung hinaus wirkenden Arbeiten und Theorien zur Bedingtheit der komplex zusammengesetzten Pflanzenbestände des Grünlands oder zur Entwicklung von Simulationsmodellen des Pflanzenwachstums und der Konkurrenz.

Ergebnisse und Diskussion

Die weltweite flächenmäßig überragende Rolle, die das Grasland für die Landnutzung spielt, sowie die Bedeutung des Graslands für die Versorgung des Menschen mit Lebensmitteln im weiteren Sinne (Reynolds et al. 2005) und für die Sicherung der landschaftsökologischen Funktionen weist auf die großen Herausforderungen für zukünftige Grünlandnutzung und –forschung hin. Die Bewältigung dieser Herausforderungen ist eine interdisziplinäre Aufgabe. Die Rolle der landwirtschaftlichen Grünlandforschung wird es dabei sein, den Landnutzungskontext der Forschung herzustellen. Das bedeutet, dass das Potential naturwissenschaftlicher Erkenntnis und neuer Technologien für die Analyse und Weiterentwicklung der komplexen grünlandwirtschaftlichen Produktionssysteme erschlossen werden muss. Beispiele hierfür sind Erkenntnisse über die Ökosystemfunktionen von Biodiversität, die Stoffflussanalyse mit Hilfe stabiler Isotope, oder technische Entwicklungen für die Nutzung im Präzisionslandbau. Deren erfolgreiche Integration in Produktionssysteme setzt voraus, dass Ursache-Wirkungszusammenhänge über Skalen- und Disziplinengrenzen hinweg beschrieben und letztlich verstanden werden können. Dabei hat die landwirtschaftliche Grünlandforschung auch die Relevanz von Landnutzungsoptionen festzustellen, damit Forschungsergebnisse Eingang in die Praxis finden können. So gesehen hat die landwirtschaftliche Grünlandforschung im Kanon der Nachbardisziplinen eine sehr wichtige Funktion, die zu erfüllen eine große Chance darstellt.

Literatur

Hector, A.; B. Schmid; C. Beierkuhnlein and the BIODEPTH project 1999: Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science 286: 1123-1127.

Lemaire, G.; R. Wilkins und J. Hodgson 2005: Challenges for grassland science: managing research priorities. Agriculture, Ecosystem & Environment 108: 99-108.

Olff, H., F.W.M. Vera, J. Bokdam, E.S. Bakker, J.M. Gleichman, K. de Maeyer and R. Smit 1999: Shifting mosaics in grazed woodlands driven by the alternation of plant facilitation and competition. Plant Biology 1: 127-137.

Reynolds, S.G.; C. Batello, S. Baas and S. Mack 2005: Grassland and forage to improve livelihoods and reduce poverty. In: D.A. McGilloway, Grassland: a global resource, Wageningen Academic Publishers, 323-338.

Stützel, H.; und J. Isselstein 2007: Pflanzenbauforschung: Quo vadis? In: Knittel, H. (Hrsg.) Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 1956-2006 – Festschrift zum 50jährigen Jubiläum, im Druck.

Tilman, D.; D. Wedin und J. Knops 1996: Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. Nature 379: 718-720.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 268–269 (2007)

Modellierung der N-Aufnahme von Winterweizen als Entscheidungshilfe bei der Ermittlung des Düngebedarfs

Franziska Meyer-Schatz, Ulf Böttcher & Henning Kage

Einleitung

Zur Ermittlung des Stickstoffbedarfs von Pflanzenbeständen können modellgestützte Analysen potentiell als Hilfsmittel dienen. Da validierte Modelle zur N-Aufnahme von Winterweizen unter norddeutschen Bedingungen noch weitestgehend fehlen, wurde zu diesem Zweck ein einfaches Modellmodul zur Berechnung von Pflanzenwachstum und N-Aufnahme von Winterweizen entwickelt.

Material und Methoden

Das Pflanzenwachstumsmodell berechnet den Trockenmassezuwachs über die Strahlungsaufnahme und die Lichtnutzungseffizienz (LUE), wobei letztere modellintern parametrisiert wurde. Als Stoffverteilungsalgorithmus dienen allometrische Verhältnisse zwischen einzelnen Organen. Die Stickstoffkonzentrationen von Blatt und Stängel unter optimaler N-Versorgung werden aus empirischen Funktionen abgeleitet, die die Organtrockenmasse als unabhängige Größe benutzen. Die Parametrisierung des in Delphi 5 (Borland) implementierten Pflanzenwachstumsmodells erfolgte anhand zweijähriger Versuchsdaten, die 2005 und 2006 auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Schleswig-Holstein) erhoben wurden. Zur Evaluierung werden sensorbasierte Schätzungen der N-Aufnahme verwendet, die dazu gehörigen Messdaten (LAI 2000, SPAD-Meter) wurden in der vergangenen und laufenden Vegetationsperiode im Rahmen eines Verbundprojektes auf 5 Referenzstandorten der Landwirtschaftskammer Niedersachen und auf dem Versuchsgut Hohenschulen erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl der Blattflächenzuwachs als auch die N-Aufnahmeverläufe der Standorte lassen sich mit dem entwickelten Pflanzenwachstumsmodell vergleichsweise gut darstellen (Abb. 1 und Abb. 2) Die unterschiedlichen Wachstumsbedingungen können durch die Blattflächenentwicklungen an den Standorten Borwede und Poppenburg verdeutlicht werden. Im Vergleich der Jahre 2006 und 2007 werden die zeitlichen und mengenbezogenen Unterschiede in der N-Aufnahme zwischen den Jahren sichtbar (Abb. 2). Am 24.04.06 hatte der Weizenbestand in Hohenschulen ca. 80 kg N/ha aufgenommen, 2007 enthielt der Bestand aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung zur gleichen Zeit bereits ca. 140 kg N/ha. Die Ergebnisse und erhobenen Messparameter wurden unter www.isip.de für die einzelnen Standorte dargestellt.

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

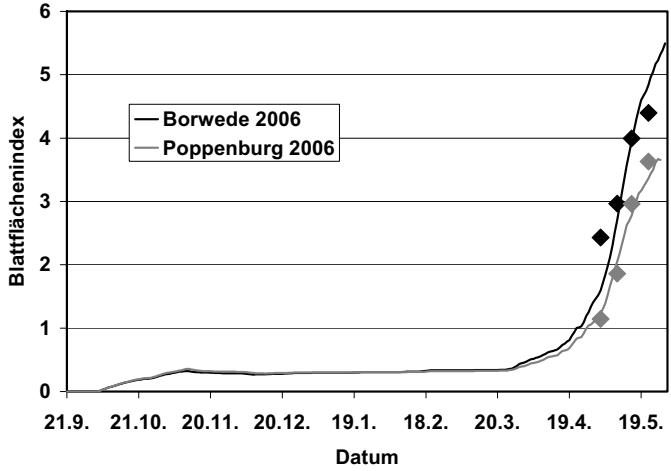


Abb. 1: Modellierter und gemessener Blattflächenzuwachs in 2006 auf den Standorten Borwede und Poppenburg

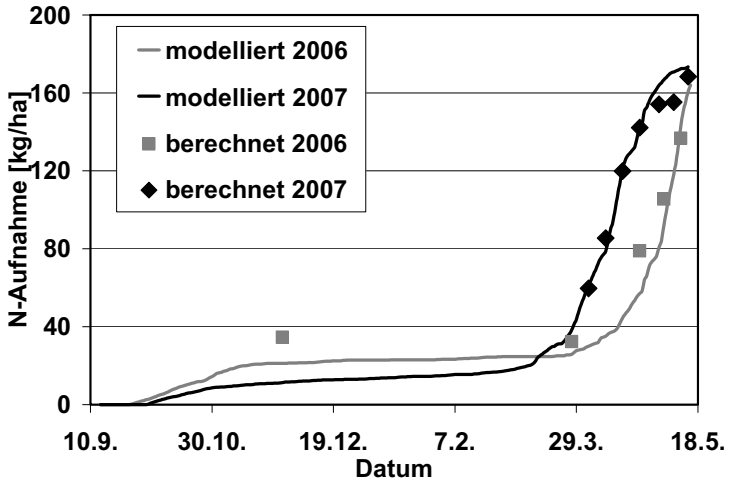


Abb. 2: Vergleich der modellierten und gemessenen N-Aufnahme 2006 und 2007 am Standort Hohenschulen

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 270–271 (2007)

Analyse von Reflexionsspektren im Winterraps

Karla Müller, Ulf Böttcher, Franziska Meyer-Schatz & Henning Kage

Einleitung

Da Winterraps (*Brassica napus* L.) eine schlechte Stickstoffnutzungseffizienz aufweist, werden zurzeit verschiedene Möglichkeiten zu Verbesserung diskutiert. Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung bietet hierbei einen vielversprechenden Ansatz. Die hierfür nötigen Informationen über die lokalen Unterschiede in der Stickstoffversorgung könnten Pflanzenparameter wie der Bestandesflächenindex (BFI), die Sprosstrockenmasse (TM) oder die Stickstoffmenge des oberirdischen Sprosses (N) liefern. Diese Pflanzenparameter sind potentiell durch Messungen der spektralen Reflexion von Beständen schätzbar. Hierbei werden in der Regel zunächst Vegetationsindizes (VI) abgeleitet, die aus verschiedenen mathematischen Kombinationen der Reflexion in einzelnen Spektralbändern bestehen. Zwar sind für Winterraps schon verschiedene VIs beschrieben worden, allerdings gibt es bisher keinen systematischen Vergleich verschiedener VIs. Ziel dieser Arbeit ist es, geeignete Indizes abzuleiten und sie auf Ihre Schätzgenauigkeit hin zu untersuchen.

Material und Methoden

Während der Vegetationsperioden 2005 und 2006, sowie im Herbst 2006 wurden auf dem Versuchsbetrieb Hohenschulen bei Kiel Winterrapsbestände wöchentlich bis zur Blüte sowohl mit dem Handspektrometer der Firma Tec5 AG gemessen, als auch destruktiv auf die Pflanzenparameter Bestandesflächenindex (BFI), Spross-Trockenmasse (TM) und die Stickstoffmenge des oberirdischen Sprosses (N) hin untersucht. Aus den Reflexionsspektren mit jeweils 61 Spektralbändern in einem Wellenlängenbereich von 400 nm -1000 nm, wurden VIs in der „Simple Ratio"-Form (SR) = λ1/ λ2 und in der „Normalized Difference Index"-Form (NDI) = (λ1-λ2)/(λ1+λ2) berechnet. Alle Kombinationsmöglichkeiten wurden mittels eines Programms gebildet und auf ihre lineare Korrelation zu Pflanzenparametern getestet, wobei die Ergebnismatrix der r^2 zur besseren Übersicht als Farbschema ausgegeben werden kann. Außerdem wurde eine multiple Regression durchgeführt, die die lineare Spektralband-Kombination mit der höchsten Schätzgüte für die Pflanzenparameter ermittelt. Die Kalibration erfolgte an einem dreijährigen Datensatz. Die Validation wurde an einem unabhängigen Datensatz des gleichen Standortes durchgeführt. Die Schätzgenauigkeit der ausgewählten Indizes wurde anhand der Steigung (b), des y-Achsenabschnittes (a) und des Bestimmtheitsmaßes (r^2) der 1:1 Geraden (y=a+bx), sowie der Wurzel aus dem mittleren Abweichungsquadrat (RMSE), dem Determinationskoeffizient (CD) und der „Modelling Efficiency" (EF) bewertet (Tab 1).

Ergebnisse und Diskussion

Mittels der Ergebnismatrix (Abb. 1) konnten Wellenlängenkombination identifiziert werden, die geeigneter für die Schätzung der drei Pflanzenparameter im Winterraps sind, als herkömmliche, z.B. bisher im Weizen verwendete Indizes. Vor allem Kombinationen von Spektralbändern im Nah-Infraroten Bereich weisen hohe Bestimmtheitsmaße auf. Auch bei der Validation zeigen diese Indizes, speziell die Kombinationen der Wellenlängen 780_{nm} und 740_{nm}, die höchsten Schätzgenauigkeiten auf. Mittels dieser Indizes können N-Mengen im Winterraps bis Blühbeginn auch bei

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

höheren Werten des Blattflächenindex (BFI) geschätzt werden da eine Sättigung der Reflexion erst bei BFI-Werten von acht erreicht wird (Gausman, 1973).

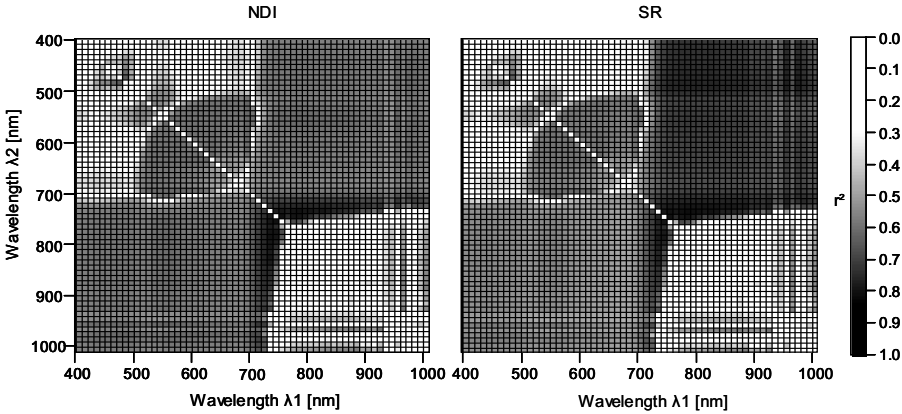


Abb. 1: Matrix des Bestimmtheitsmaßes (r^2) der „Normalized Difference"-Indizes (NDI- links) und der „Simple ratio"-Indizes (SR- rechts) jeweils zur Spross N-Menge. Hohe r^2 sind durch dunkle, geringe r^2 durch helle Bereiche gekennzeichnet.

Tab. 1: Steigung (b), y-Achsenabschnitt (a) und Bestimmtheitsmaß (r^2) der linearen Regression (y=a+bx), Wurzel aus dem mittleren Abweichungsquadrat (RMSE) der 1:1 Linie (y=x), Determinationskoeffizient (CD) und "Modelling Efficiency" (EF) der aus den kalibrierten Vegetationsindizes geschätzten zu den gemessenen Spross N-Mengen der Validationsdaten.

N Spross		b	a	r^2	RMSE [g/m²]	CD	EF
Neue	NDI 780/740	0.966	0.424	0.84	2.29	0.896	0.814
Indizes	NDI 750/740	0.855***	1.530***	0.85	2.12	1.150	0.841
	SR 780/740	0.966	0.480	0.83	2.31	0.892	0.811
	SR 740/780	0.963	0.388	0.84	2.27	0.901	0.817
	MR	1.193**	-0.116	0.80	3.60	0.542	0.540
Herkömmlich	R850	0.353***	1.681***	0.53	5.29	1.429	0.007
verwendete	SR 810/560	0.870**	3.009***	0.81	3.02	0.940	0.676
Indizes	IR/R	0.762***	4.858***	0.75	3.95	0.928	0.446
	IR/G	0.875**	2.870***	0.82	2.96	0.944	0.690
	NDVI	0.357***	5.583***	0.63	3.72	4.865	0.509
	SAVI	0.696***	5.185***	0.66	4.10	1.012	0.404
	REIP	0.881**	0.505	0.83	2.24	1.062	0.821

Steigung und y-Achsenabschnitt wurden auf ihren signifikanten Unterschied von 1 bzw. 0 getestet. Das Signifikanzniveau betrug ***p<0.001, **p<0.01 and *p<0.05. n=89 für jede Regression.

Literatur

Gausman, H. W., Allen, W. A. (1973): Optical Parameter of Leaves of 30 Plant Species. Plant Physiology, 51: 57-62.

Knapp, A. K., Carter, G. A. (1998): Variability in leaf optical properties among 26 species from a broad range of habitats. American Journal of Botany, 85,7: 940-946.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 272–273 (2007)

Properties of canopies of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) analysed by a new field spectrometer configuration

Torsten Behrens, Johannes Müller & Wulf Diepenbrock

Introduction

Measurements of canopy reflectance may provide a fast and non-destructive tool for assessing canopy properties. A substantial gain can be achieved by further developing multi-spectral and -temporal analyses in order to combine applications like site-specific fertilizer application, disease control, and prediction of harvesting date or yield forecast in future. To this end, we studied the relationships between canopy reflectance and crop characteristics during the entire growth period.

Material and Methods

Reflectance spectra and crop characteristics (shoot: fresh mass FM, dry mass DM, water mass WM and content WC, nitrogen mass NM and concentration NC, canopy area index CAI; upper leaf layer: nitrogen concentration NCl, chlorophyll content Chl) were studied in winter oilseed rape (*Brassica napus* L. cv. 'Lirajet') and spring barley (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Barke'). Plants were grown from 2002 to 2005 near Halle/Saale without (−N) and with nitrogen fertilization (+N, oilseed rape: 210 kg ha^{-1}; barley: 60 kg ha^{-1}). A double-beam spectrometer (CORONA REMOTE Fiber VIS/NIR, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena, Germany) was used to measure simultaneously the spectra (350 to 1750 nm) of radiation incident from the sky (reference signal) and reflected by the canopy. System configuration and measurement procedures enabled minimization of technical and environmental disturbances. Spectral indices used in this study are (symbols R_x: reflectance at wavelength x in nm):

Normalized difference vegetation index:	$NDVI = \frac{R_{780} - R_{670}}{R_{780} + R_{670}}$
Simple ratio:	$SR = \frac{R_{810}}{R_{560}}$
Red edge inflection point:	$REIP = 700\,\text{nm} + 40\,\text{nm}\ \frac{0.5\left(R_{670} + R_{780}\right) - R_{700}}{R_{740} - R_{700}}$
Reflectance at 850 nm:	R_{850}
Simple ratio water index:	$SRWI = \frac{R_{858}}{R_{1240}}$

Results and Discussion

Spectral indices were derived from spectra shown exemplarily in Fig. 1. Based on all data from 2002/03 and 2003/04, in both oilseed rape and barley the indices R_{850} and *SRWI* were correlated strongly with CAI, FM, NM, and WM, but less strong with DM. *REIP* was correlated with Chl (Table 1), but only in oilseed rape with NCl and WC.

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Professur Spezieller Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, D 06108 Halle/Saale
Corresponding author: johannes.mueller@landw.uni-halle.de

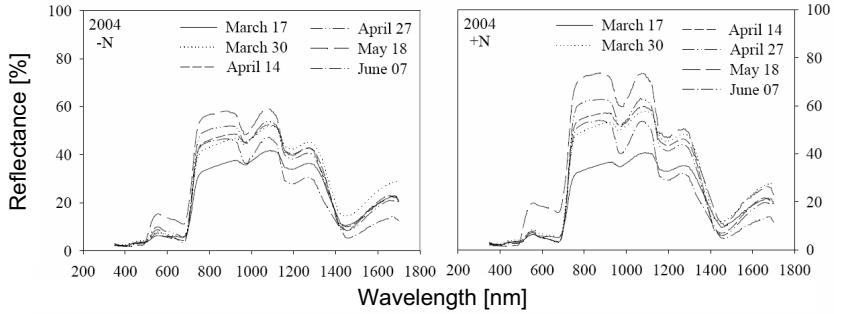


Fig. 1. Reflectance spectra of winter oilseed rape affected by nitrogen fertilization, experiment 2004. Data are means of 100 spectra.

Tab. 1: Correlation (r^2) between spectral indices and crop characteristics of oilseed rape (R) and barley (B) canopies, experiments 2002/2003 and 2003/2004.

Characteristic	*NDVI*		*SR*		*REIP*		R_{850}		*SRWI*	
	R	B	R	B	R	B	R	B	R	B
CAI (m m^{-1})	0.01	0.30*	0.02	0.49***	0.23*	0.53***	**0.83*****	**0.89*****	0.55***	**0.80*****
FM (t ha^{-1})	0.10	0.39**	0.08	**0.62*****	0.15	**0.68*****	**0.61*****	**0.91*****	**0.84*****	**0.75****
DM (t ha^{-1})	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.05	0.40***	0.50**	**0.63*****	0.37**
NC (g g^{-1})	0.00	-0.04	0.07	-0.07	0.11	-0.04	-0.14	-0.10	-0.15*	-0.09
NM (t ha^{-1})	0.06	0.19	0.08	0.46**	0.09	0.41**	0.48***	**0.85*****	**0.63*****	**0.70*****
Chl[a] (mg m^{-2})	0.22*	**0.58*****	0.27**	**0.61*****	**0.84*****	**0.67*****	0.17*	0.08	0.14	0.12
NCl[a] (g g^{-1})	0.31**	-	0.47***	-	**0.68*****	-	0.06	-	0.06	-
WC (g g^{-1})	**0.66*****	**0.32***	0.42***	0.16	**0.69*****	0.25	0.42***	0.00	0.16*	0.00
WM (t ha^{-1})	0.02	0.38**	0.00	0.51***	0.02	**0.59*****	0.49***	**0.78*****	**0.73*****	**0.76*****

[a] upper leaves; ***, ** and * indicate significance at the $p < 0.001$, 0.01 and 0.05 level, respectively

NDVI and *SR* were correlated with Chl only for barley. For rapeseed, analysing data from the entire growth period, this relation is disturbed by the reflectance of yellow flower petals. Other indices given in literature did not show better performance with our data as those applied here. The relationships between R_{850} and FM, DM, NM, and WM were validated for spring barley by independent data from 2005 (r^2: 0,92; 0,84; 0,92; 0,67; respectively). Our results confirm that using spectral indices of the NIR (R_{850}, *SRWI*) calculated over the entire growth period will substantially improve the application of canopy reflectance data in agriculture. For further detail see Behrens et al., 2006a,b.

References

Behrens, T., Müller, J., Diepenbrock, W. (2006a): Utilization of canopy reflectance to predict properties of oilseed rape (*Brassica napus L.*) and barley (*Hordeum vulgare L.*) during ontogenesis. European Journal of Agronomy 25, 345-55.

Behrens, T., Müller, J., Diepenbrock, W. (2006b): Optimizing a diode array VIS/NIR spectrometer system to detect plant stress in the field. J. Agron. Crop Sci., Published article online: 13-May-2007 doi: 10.1111/j.1439-037X.2007.00266.x.

The project underlying this study was funded by Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 274–275 (2007)

Applicability of precision farming datasets for the area of bioenergy

Simone Graeff & Wilhelm Claupein

Introduction

Precision farming refers to a developing agricultural management system that promotes variable management practices within a field according to spatial and temporal variable site and/or soil conditions. The system relies upon intensive sensing of environmental conditions and computer processing of the resulting data to inform decision-making and control farm machinery. Precision farming technologies typically connect global positioning systems (GPS) with satellite imaging of fields to remotely sense crop status or evidence of stress factors and then automatically adjust levels of input applications as the tractor moves around the field. With a range of crop and soil sensors a farmer is now capable of gathering comprehensive data on production variability in both space and time. Collected datasets are used to decide on how crop management can address spatial and temporal variability in crop production systems and on how management decisions have to vary in those diverse locations.

The collected datasets are currently mainly used in the context of precision farming to derive site-specific management strategies. However, these datasets may have a scientific utility beyond developing site-specific management strategies for a particular field. The technology offers completely new possibilities for supervising, modelling and controlling biological environments not only in the context of site-specific management. The perspectives for the technology are that production data can be used in other research areas in order to estimate yield potential, competition effects and establish quantitative models of biological systems as well as decision support tools and management programmes. This paper supports the idea that data collection at the high level of resolution provided by precision farming technologies such as yield monitors, remote sensing, electrical conductivity measurement etc. has a scientific utility beyond developing a site-specific strategy for a particular field. The use of these datasets is shown exemplarily for the area of bioenergy. In general, this may open ways to a greater application area of valuable high resolution precision farming datasets.

Material and Methods

Currently there is a lack of recognition that PF methods and tools can be considered as an integrated part of farm management tasks and not as an isolated element. A myriad of data and information on spatial and temporal variably can be collected by the new technologies provided by precision farming. The challenge for a farmer is to determine how to use the new information with respect to the management decisions he has to make and to use the collected datasets for multiple purposes in order to gain a maximum of information and benefit out of these datasets.

Renewed interest and increasing attention is being directed towards the need to use biomass as a feedstock for bioenergy and bioproducts. Realizing this potential is, however, a complex task of determining what opportunities, limitations, and trade-offs exist in each situation, and of designing cropping systems that achieve the best balance among the existing opportunities. There are numerous impacts created by bioenergy crop plantings, ranging from intended to non-intended and, therefore,

Institut für ‘Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirtstr. 23, 70599 Stuttgart

ranging from detrimental to advantageous, occurring both on- and off-site, and varying over time. Consequently, if bioenergy is to be a viable strategy leading to major changes in cropping systems and cultivated crops, the decision-making process must incorporate many considerations, not only at the practice scale but also at the larger scales of farm and landscape. Thus, bioenergy plantations create a complex system of interactions that must be managed for multiple objectives, multiple alternatives and multiple interests and preferences, while being applied over a wide range of landscapes and landscape features. Hence, a whole range of tools, data and information is needed, in order to manage these complex systems and multiple interests properly. Precision farming tools and datasets may help to foster an understanding of the relationship between production of grain and production of biomass, the design of cropping systems, the selection of suitable crops and combinations of crops over space and time to support emerging bioenergy technologies and cropping systems.

Results and Discussion

The application of site-specific datasets on soil and plant parameters, detailed information on soil texture, plant available water, yield monitor data, as well as soil and crop sensors in order to determine important properties e.g. biomass yield, dry matter loss, nutrient and moisture content might help in a first step to optimize and design complex bioenergy cropping systems. In a second step, the use of crop growth models would offer the benefit to predict biomass yield, energy production potential and to quantify the environmental impact of energy crops, wherefore current crop models have to be adapted to bioenergy applications (Fig. 1).

Our results support the idea that data collection at the high level of resolution provided by precision framing devices has a scientific utility beyond developing a site-specific management strategy for a particular field. Datasets may be well suited and thus applicable to other research areas, where precise, high level datasets are needed. Results indicated that precision farming tools provide "on-line" data gathering capabilities for e.g. spotting and estimating the quantities of biomass, optimizing collection/ harvesting schedule and other logistics in biomass supply, as well as an estimate of crop residue and crop quality. This also includes the development of information technology tools like crop models or decision support systems based on GIS-GPS, which use the integrated data to e.g. predict biomass concentration prior to harvest and at stages of collection afterwards.

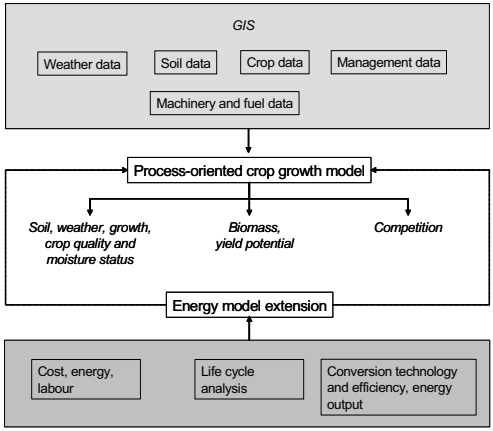


Fig. 1. Relevant model components of a decision support system for the analysis and design of bioenergy cropping systems.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 276–277 (2007)

Integration von Naturschutzzielen in landwirtschaftliches Handeln durch Precision Farming

Dieter Trautz, Verona Stillger*, Arnd Kielhorn, Hubertus v. Dressler* & Felix Stracke

Einleitung

Teilflächenspezifische Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen ist im technischen Sinne seit einigen Jahren weitgehend praxisreif. Acker- und pflanzenbauliche Zielsetzungen zur potentialorientierten Bestandesführung können mit Geräten und Software verschiedener Hersteller umgesetzt werden. Forschungsinstitutionen arbeiten weltweit an Möglichkeiten komplexe Zusammenhänge zwischen Pflanzen und Boden zu modellieren und in nachvollziehbare und praxisorientierte Algorithmen zur Steuerung von Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz umzusetzen (Adamchuk et al., 2006, Dammer & Wartenberg, 2007). Landwirtschaftliche Flächen können heterogene Bodeneigenschaften und somit unterschiedliche teilflächenspezifische Ertragspotentiale aufweisen. Die gleichen Flächen sind u.U. gerade aufgrund dieser Eigenschaften z.B. als Bestandteil eines Biotopverbundsystems aus Sicht des Naturschutzes interessant. Voraussetzung für eine Funktion solcher Teilflächen im Rahmen des Biotopverbundes wären beispielsweise eine veränderte, extensivierte oder zeitweilig nicht durchgeführte Nutzung entsprechend den naturschutzfachlichen Zielvorstellungen.

Material und Methoden

Der Untersuchungsraum, in dem die Kombination von Naturschutzmaßnahmen mit pflanzenbaulichen Überlegungen unter Zuhilfenahme von Instrumenten des Precision Farming erprobt wird, liegt in einer landwirtschaftlichen Gunstregion im östlichen Teil Niedersachsens.

In einem ersten Schritt wurde durch Anwendung von OpenJUMP (OpenSource-GIS) über die Flächen im Untersuchungsgebiet ein virtuelles Gitter gelegt (Raster z.B. 10x10m bzw. teilflächenspezifisch). Auf Basis vorhandener Ertragskartierung und ökonomischer Kenndaten konnten so rasterbezogene Deckungsbeiträge errechnet werden (Kielhorn & Trautz 2007). Dies kann, je nach Fragestellung auf Grundlage ein- oder mehrjähriger Ertrags- und Aufwandsdaten erfolgen. Als Ergebnis erhält man eine thematische Karte des teilflächenspezfischen Kostendeckungsbeitrags, die nach Vorgaben des Anwenders in Kategorien wie hoch, mittel, niedrig bzw. negativ klassifiziert werden kann. Auf Grundlage dieser räumlich differenzierten Darstellung ist es dem Bewirtschafter möglich, erste Vorentscheidungen hinsichtlich des zukünftigen Anbaumanagements zu treffen.

Da für Ackerflächen potentiell auch weitere, nicht landwirtschaftlich orientierte Nutzungsalternativen vorliegen können, wurden auf das gleiche Gitter die regionalspezifisch entwickelten naturschutzfachlichen Zielvorstellungen für die Beispielfläche projiziert.

Fachhochschule Osnabrück, FG Umweltschonende Landbewirtschaftung,
PF 1940, 49009 Osnabrück, Email: d.trautz@fh-osnabrueck.de
* Fachhochschule Osnabrück, FG Landschaftsplanung,
PF 1940, 49009 Osnabrück, Email: v.stillger@fh-osnabrueck.de

Sie gliedern sich in Teilflächen für

- Schlüsselbereiche zur Etablierung von Biotopverbundstrukturen
- Bereiche zur Sicherung angrenzender schutzwürdiger Lebensräume
- Bereiche mit geringerer Bedeutung für die Umsetzung der Zielvorstellungen
- Bereiche zur Einhaltung der Mindestanforderungen zum Schutz der natürlichen Bereiche ohne spezifische naturschutzfachliche Zielsetzungen

Die zur Umsetzung der angestrebten Zielvorstellungen erforderlichen Maßnahmen hängen davon ab, welche Typen von angrenzenden Lebensräumen konkret schützenswert sind bzw. für welche Arten im Untersuchungsgebiet ein Biotopverbund aufgebaut werden soll. Hier stehen solche Maßnahmen im Vordergrund, die über abgestufte landwirtschaftliche Intensitäts- bzw. Nutzungsänderungen auf Teilschlagebene umzusetzen sind wie

- reduzierte Bodenbearbeitung
- variable Aussaatstärken
- reduzierte Düngungsintensitäten
- verringerter Einsatz von bzw. vollständiger Verzicht auf Pestizide
- Nullnutzung

Technisch lässt sich die teilflächenspezifische Nutzung solcher heterogener Flächen durch den Einsatz von Verfahren des Precision Farming realisieren. Arbeitsaufträge für die verschiedenen Applikationen (s.o.) in den Teilbereichen können vorab am PC geplant werden, so dass in den unterschiedlichen Zonen die angestrebten naturschutzfachlichen bzw. die gewünschten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsintensitäten umgesetzt werden können.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Verschneidung beider Ebenen miteinander lassen sich jeweils Vorrangflächen für die jeweilige Nutzungen identifizieren. In diesen Fällen gibt i. A. der unbefriedigende Deckungsbeitrag den Ausschlag dafür, dass die Nutzung der Teilflächen unter dem derzeitigen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungskonzept als unrentabel eingestuft wird. Weiterhin ergeben sich jedoch auch Teilflächen, deren Nutzungspotentiale nicht eindeutig einer der beiden Alternativen zuzuordnen sind. Hier könnten externe monetäre Anreize wie die Honorierung ökologischer Leistungen im Rahmen von Agrarumweltprogrammen als Entscheidungshilfen dienen. Der für die Teilnahme notwendige lückenlose Nachweis der durchgeführten Maßnahmen kann beim Einsatz von Precision Farming automatisiert erbracht werden und stellt keinen Mehraufwand für den Bewirtschafter dar.

Literatur

Adamchuk, V. I., Morgan, M. T., Brouder, S. M. 2006. Development of an on-the-go soil pH mapping method: analysis of measurement variabilty. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 22 (3) pp. 335-344

Dammer, K.H., Wartenberg, G. 2007. Sensor-based weed detection and application of variable herbicide rates in real time. Crop Protection 26, pp. 270 – 277

Kielhorn, A., Trautz, D. 2007. Site specific contribution margin as decision for flexible land use. In: Fountas, S., Aggelopoulous, A., Gemtos, F., Blackmore, S.: Precision Agriculture for High Value Crops. Poster Proceedings of 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 278–279 (2007)

Einfluss der Sorte, der Reifezeit und des Erntetermins auf die Veränderung der wasserlöslichen Kohlenhydrate bei Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) im semiariden Produktionsgebiet

Laura Kocsis, Hans-Peter Kaul, Werner Praznik*, Renate Löppert* & Peter Liebhard

Einleitung

Funktionelle Lebensmittel, auch als „Functional Food“ (FF) bezeichnet, sind eine Produktschiene mit stark wachsendem Anteil am Lebensmittelmarkt. Von den gesundheitsfördernden Inhaltstoffen erhalten Fruktane eine stetig steigende Bedeutung in der Lebensmittelindustrie. Fruktane (z.B. Inulin) sind Polymere aus Fruktose und einer Glukose-Einheit mit einem Polymerisationsgrad (DP) von 3 bis 60 oder mehr. Fruktane können verschiedene glykosidische Bindungstypen aufweisen, wie β 2 $\rightarrow$ 1, β 2 $\rightarrow$ 6 und β 2 $\rightarrow$ 1$\rightarrow$6 (branching). Die erste Fruktosyleinheit ist typisch für die lineare Kette von Inulin, die zweite Fruktosyleinheit für die Levane (GUPTA & KAUR 2000). Es wurde das Kohlenhydratmuster ermittelt, das aufgrund sortenabhängig unterschiedlich langer Vegetationszeiten und unterschiedlicher Ernteperioden sehr verschieden war.

Material und Methoden

In den Jahren 1999 und 2000 wurden auf der Außenstelle der Universität für Bodenkultur Wien, am Versuchsfeld Jedlersdorf, am nordöstlichen Stadtrand von Wien, Feldversuche mit Zeitstufenernten durchgeführt. Die Versuche wurden als zweifaktorielle Blockanlagen mit acht Sorten, neun Ernteterminen in zweifacher Wiederholung angelegt. Zur Ermittlung der Daten wurden jeweils sechs abfolgende Pflanzen der zwei mittleren Reihen aus der Bruttoparzelle geerntet (Tab 1.). Bei der Knollenernte wurde eine Mischprobe genommen, getrocknet und gemahlen. Aus der gemahlenen Probe wurden die Mono- und Disaccharide (Bestimmungs Kit Nr. 716 260 Boehringer Mannheim) sowie nach der Säurehydrolyse die Glukose und Fruktose (Inulin) (Bestimmungs Kit Nr. 716 269 Boehringer Mannheim) enzymatisch bestimmt.

Tab. 1:Sortencharakteristik und Erntetermine

Sorte	Knollenreife	Ernte-termine
Bella	Früh	03.08.1999
Bianka	Früh	23.08.1999
Topstar	Mittelfrüh	09.09.1999
Gigant	Mittelfrüh	29.09.1999
Violet de Rennes	Mittelspät	18.10.1999
Waldspindel	Mittelspät	16.11.1999
Fuseau 60	Spät	13.12.1999
Rote Zonenkugel	Spät	01.03.2000
		20.03.2000

Ergebnisse und Diskussion

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes war der Anteil an Monosacchariden mit 0,5 bis 1,5 g/100 g TM niedrig. Dieser Anteil reduzierte sich auch noch in der Reifungsphase der Knollen. Der Gehalt an Saccharose ist eng vom Inulingehalt abhängig und liegt je nach Erntetermin zwischen 1,8 und 23,5 g/100 g TM. Die Analyseergebnisse zeigen den ständigen Auf- und Abbau der Assimlationsumlagerungsprodukte in den Knollen. Die Assimilate werden in Form von Saccharose

Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut fü Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien
Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien Österreich
* Department für Chemie, Abteilung Organische Chemie, Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 18, 1190 Wien Österreich

aus den Stängeln und Blättern in die Knollen verlagert, wo sie unmittelbar mit Hilfe des Enzyms Saccharose-Saccharose-Fruktosyltransferase SST das Basis-Trisaccharid 1-Kestose bilden. Anschließend erfolgt mit Hilfe von Fruktose-Fruktose Fruktosyltransferase FFT die Kettenverlängerung zu Inulin. Die Knollen weisen daher in den untersuchten Sorten während der Wachstumsphase einen niedrigen Saccharosegehalt auf. Ab der physiologischen Reife der Knolle steigt der Saccharosegehalt. Das gespeicherte Fruktan wird bereits bei geringerer Photosyntheseleistung abgebaut. Der Abbau von Inulin erfolgt kaskadenartig und wird ebenso von FFT katalysiert, wobei Saccharose gebildet wird. Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson zeigen die Beziehung von Inulin zu Saccharose (r = -0, 804**) und vom Polymerisationsgrad dp_n zu Saccharose (r = 0,806**) (Abb 1). Die Frühsorten weisen bis Ende September einen konstanten Saccharoseanteil auf (3,9 g/100 g TM), der im Oktober auf 9,1g/100g TM ansteigt. In den reifen Knollen sinkt die SST Aktivität ab. Daher ist bei den Frühsorten der Korrelationskoeffizient höher (r = 0,952 **). Bei den späten Sorten bleibt die SST Aktivität im gemäßigten Klimagebiet bis zum ersten Frosteintritt erhalten. Bei Eintritt winterlicher Temperaturen zwischen 2 und –10 °C nimmt die Aktivität von FFT zu, wodurch hochpolymeres Inulin in eine niederpolymere Form umgewandelt wird. Die dabei entstehenden niedermolekularen Kohlenhydrate unterstützen die osmotische Regulation der Zelle und schützen sie gegen Zerstörung.

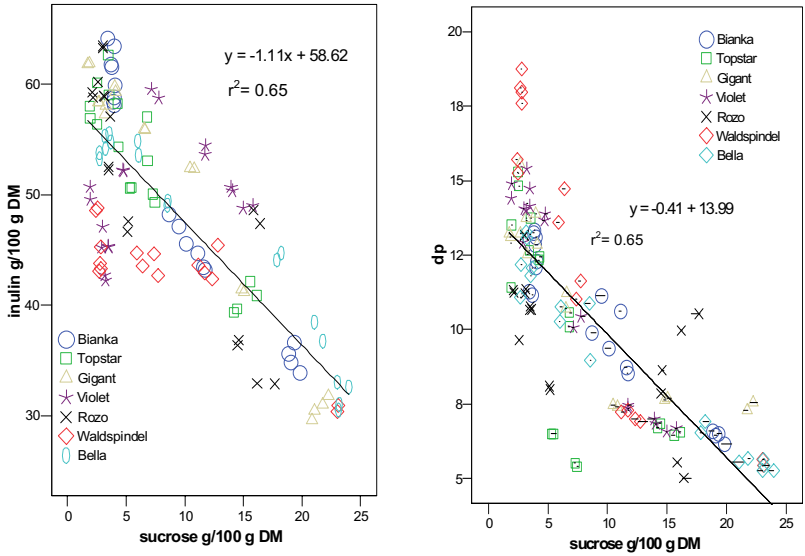


Abb. 1: Lineare Korrelationen zwischen Inulin und Saccharose sowie Saccharose und dp_n

Literatur

Gupta, A.K. & N. Kaur (2000): Fructan metabolism in Jerusalem artichoke and chicory: In Carbohydrate reserves in plants – synthesis and regulation. Elsevier Science B.W, 230-244.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 280–281 (2007)

NH_3-Emissionen bei der ackerbaulichen Nutzung von Gärrückständen aus Biogasanlagen

Dirk Gericke, Andreas Pacholski & Henning Kage

Einleitung

Für die Realisierung der Klimaschutzziele des Kyoto-Protokolls strebt die deutsche Bundesregierung an, den Anteil an erneuerbaren Energiequellen an der Energieerzeugung bis zum Jahr 2010 auf 20% anzuheben. Ein Anreiz dazu wird durch die finanzielle Unterstützung für den Neubau von Biogasanlagen geboten und durch die Gewährung eines NaWaRo-Zuschlages bei Nutzung von Substraten im Rahmen des EEG (§8 (2), Erneuerbares Energiengesetz). So ist in den letzten Jahren ein starker Anstieg der Zahl der Biogasanlagen in Deutschland zu verzeichnen. Die Gärreste aus Biogasanlagen enthalten ähnlich hohe Stickstoffgehalte wie tierische Güllen, welche zudem bis zu 60% als gut pflanzenverfügbares Ammonium vorliegen können, so dass die Gärreste in der Landwirtschaft als organischer Dünger ihre Verwendung finden. Die hohen Ammoniumgehalte in Verbindung mit spezifisch hohen pH-Werten können aber auch hohe N-Verluste durch NH_3-Verflüchtigung bei Gärrestlagerung und -ausbringung zur Folge haben. Deutschland hat jedoch gleichzeitig im Rahmen des Genfer Luftreinhalteabkommens zugesichert, die anthropogenen NH_3-Emissionen im gleichen Zeitraum (s.o.) um 17% zu reduzieren. Der folgende Beitrag zeigt erste Ergebnisse einer Messkampagne zur Bestimmung von NH_3-Verlusten nach Ausbringung verschiedener Gärreste und Güllen, um zu klären, in welchem Umfang NH_3-Verluste durch den Ausbau des Biogassektors die erwarteten positiven Umweltwirkungen der Biogasnutzung beeinflussen.

Material und Methoden

Im Rahmen des Verbundprojektes ‚BIOGAS-EXPERT' wurde auf zwei typischen Standorten Schleswig Holsteins (Hohenschulen - Östliches Hügelland und Karkendamm - Geest) ein zweijähriger blockrandomisierter Parzellenversuch mit vier Wiederholungen, drei Kulturarten und vier Düngestufen (0, 120, 240, 360 kg N/ha) beprobt. Es wurden zwei tierische Güllen (Schwein und Rind) und zwei Typen von Gärresten zur Düngung verwendet. Der eine Gärrest erfüllte die Kriterien des §8 (2) des EEG (90% Mais und 10% Getreide). Der andere Gärrest stammt aus einer Kofermentationsanlage (70% Mais / 30% Schweinegülle). Zur Messung der NH_3-Emissionen wurden drei Messverfahren herangezogen: Durch ein mikrometeorologisches Messverfahren (Sommer et al. 2005) wurden quantitativ zuverlässig NH_3-Verluste ermittelt. Mit der Standard Comparison Methode (Vandre und Kaupenjohann 1998) wurden in den Feldparzellen qualitative und quantitative Vergleichsmessungen durchgeführt. Kammermessungen mit der Dräger Tube Methode (Pacholski et al. 2006) lieferten zeitlich hoch aufgelöste Tagesgänge der NH_3-Verflüchtigung. Außerdem wurden pH-Wert-spezifische Eigenschaften (z.B. Pufferkapazitäten) der Gärreste sowie des Bodens prozessorientiert erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Trotz Schwankungen bei den Eigenschaften der organischen Dünger innerhalb eines Jahres lagen die pH-Werte und die Ammoniumgehalte der Gärreste auf Grund der

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str.9, 24118 Kiel, Kontakt: gericke@pflanzenbau.uni-kiel.de

Gärprozesse im Fermenter im Allgemeinen höher als bei den tierischen Güllen (Tab.1). Es ist bereits bekannt, dass diese hohen Werte die Verflüchtigung von Ammoniak begünstigen. Wie die Ergebnisse der Standard Comparison Methode in Abbildung 1 zeigen, liegen die mittleren NH_3-Verluste für die Gärreste aus der Monofermentation (BG-Mono) mit ca. 13% des Gesamtstickstoffes im Bereich der NH_3-Verluste von Schweinegülle. Die Monogärreste besaßen zwar höhere pH-Anfangswerte sowie höhere Ammoniumgehalte, jedoch führten deutlich niedrigere Trockensubstanzanteile bei gleicher Viskosität (Tab.1) zu einer besseren Infiltration. Dies belegen auch die Verluste der Gärreste aus der Kofermentation (BG-Mix) und der Rindergülle. Beide wiesen bedingt durch höhere Viskositäten und Trockensubstanzanteile im Vergleich zu dem Monogärrest und der Schweinegülle wesentlich höhere NH_3-Emissionen auf. Deshalb wird insbesondere die Quantifizierung des Infiltrationsprozesses im Fokus weiterer Untersuchungen stehen. Die Ergebnisse des ersten Messjahres zeigen aber schon, dass durch die steigende Anzahl von Biogasanlagen und somit durch die steigende Menge an Gärresten eine Erhöhung der NH_3-Emissionen zu erwarten ist, was Probleme bei der angestrebten Reduktion von NH_3-Verlusten auf nationaler Ebene bedeutet.

Tab.1: Eigenschaften der organischen Dünger vom Mai 2007

Düngertyp	Viskosität [mPas]	pH	$NH4^+$-N [kg/m³]	Gesamt-N [%]	TS [%]
Mono	34	7.5	1.16	44	3.63
Koferment	60	7.6	1.23	33	6.27
Schwein	35	6.7	1.11	27	6.63
Rind	280	6.9	1.11	25	8.59

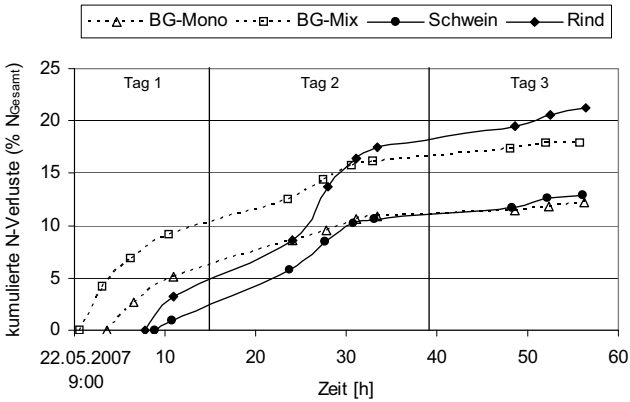


Abb.1: Mittlere kumulierte N-Verluste, 140 kg N/ha, Mai 2007, Welsches Weidelgras

Literatur

Pacholski, A.; Cai, G.; Nieder, R.; Richter, J.; Fan, X.; Zhu, Z.; und Roelcke, M.: Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field - comparative measurements in Henan Province, China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74:259-273.

Sommer, S. G., S. M. McGinn, et al. (2005). Simple use of the backwards Lagrangian stochastic dispersion technique for measuring ammonia emission from small field-plots. European Journal of Agronomy. 23: 1-7.

Vandré, R. and M. Kaupenjohann (1998). "In Situ Measurement of Ammonia Emissions from Organic Fertilizers in Plot Experiments." Soil Sience Society America Journal 62: 467 – 4

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 282–283 (2007)

Modellierung der Ammoniak-Emission nach Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern

Andreas Pacholski, Dirk Gericke & Henning Kage

Einleitung

Die Emission von Ammoniak (NH_3) aus Wirtschaftsdüngern bedeutet zum einen den Verlust von Dünger-N, zum anderen stellt sie eine Belastung der Umwelt dar (z.B. Eutrophierung von naturnahen Umweltkompartimenten, Bodenversauerung, Feinstaubbildung). Seit 1999 wird die Reduktion von NH_3-Emissionen im Rahmen des internationalen Göteborg-Protokolls für die UN-ECE-Region angestrebt. Im Gegensatz zu anderen Schadgasen sind die bisherigen Reduktionsbemühungen in Deutschland und auf EU-Ebene von bisher nur geringem Erfolg. Hohe Ammonium-N Gehalte in organischen Düngern und Biogasgärresten sowie hohe pH-Werte der Substrate haben potenziell hohe NH_3-Verluste zur Folge. Vor diesem Hintergrund erschweren der Ausbau der Biogasproduktion und die Rezyklierung von Biogasgärresten im landwirtschaftlichen Produktionsprozess potenziell die Erreichung der Ziele zusätzlich. Um Wege zu Reduktion von NH_3-Emissionen aus der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern/Biogasgärresten zu identifizieren, ist ein gutes Prozessverständnis erforderlich, welches sich in mechanistischen Modellen abbilden lässt.

Material und Methoden

Aufbauend auf Vorarbeiten an Harnstoff (Pacholski et al. 2007) wurde ein prozessorientiertes Simulationsmodell zur Kalkulation der NH_3-Verflüchtigung nach Ausbringung von Wirtschaftsdüngern entwickelt. Das Modell beruht im Kern auf drei Kontinuitätsgleichungen für die Zustandsvariablen Harnstoffkonzentration, ammoniakalischer Stickstoff (NH_4^+, NH_3) und Bodenazidität (H_3O^+). Die Modellrechnungen basieren auf rein diffusiven Flüssen in der wässrigen und in der Gasphase. Der Einfluss der Witterung (Wind, Boden-/ Lufttemperatur) auf NH_4^+-Dissoziation und Gasphasenübergang von NH_3 (Henry-Konstante) sowie des Wassergehaltes auf Diffusionskonstanten und Tortuosität werden durch Einlesen von Felddaten explizit berücksichtigt. Die ausgebrachten Substrate werden als ammoniakalische Lösungen ohne Trockensubstanzanteil behandelt. Die Modellergebnisse wurden mit Messdaten der NH_3-Verflüchtigung, welche im Mai 2007 in Karkendamm (Geeststandort, Schleswig-Holstein) mit der Standard-Comparison-Methode erhoben wurden, verglichen (Gericke et al. 2007). Als Substrate wurden zwei Biogasgärreste (**a.** mono (pflanzliche Substrate), pH 7.5, pH-Pufferkapazität 0.064 mmol l^{-1} H^+ pH-Einheit^{-1}, 44% ammoniakalisches N; **b.** mix (Kofermentation, pH 7.6, 0.104 mmol^{-1} H^+ pH-Einheit^{-1}, 33% ammoniakalisches N)) gewählt. Da die Bodentextur des Standortes reiner Sand ist, wurde keine Sorption von NH_4^+ im Boden angenommen. Augrund der pH-Werte wurden bereits 10% freies NH_3 in den Substraten als Startwert zu Grunde gelegt. Es wurde keine inverse Optimierung der Modellparameter durch Anpassung an Messwerte vorgenommen.

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Acker- und Pflanzenbau ,Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel, pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

Ergebnisse und Diskussion

Kinetik und Größenordnung der NH_3-Verluste in Abhängigkeit von den Gär-substraten, welche im Wesentlichen durch Bodentemperatur und pH-Wert bestimmt werden, konnten durch die Modellrechnungen gut reproduziert werden (Abb.1).

Diese Modellrechnungen unterschätzten allerdings die gemessenen kumulierten Verluste um durchschnittlich 7.5. kg N ha^{-1}. Diese Abweichung liegt im Bereich der inhärenten Ungenauigkeit der Messmethode. Außerdem bestand bei verschiedenen Eingangsgrößen noch Messunsicherheit (z. B. ammoniakalischer N-Gehalt, pH-Pufferkapazität). Der Unterschied der kumulierten NH_3-Verluste am Ende des Experimentes zwischen den beiden Substraten wurden durch Modell und Messung sehr ähnlich bestimmt (Messung 8 kg N ha^{-1}; Modell 5 kg N ha^{-1}). Die Verluste unmittelbar nach Ausbringung der Substrate wurden besonders stark unterschätzt. Hier sind offensichtlich Korrekturen im Modell erforderlich. Insgesamt ist der gewählte Modellansatz gut für den Aufbau eines dynamischen Prozessmodells zur NH_3-Verflüchtigung nach Ausbringung von Wirtschaftsdüngern geeignet.

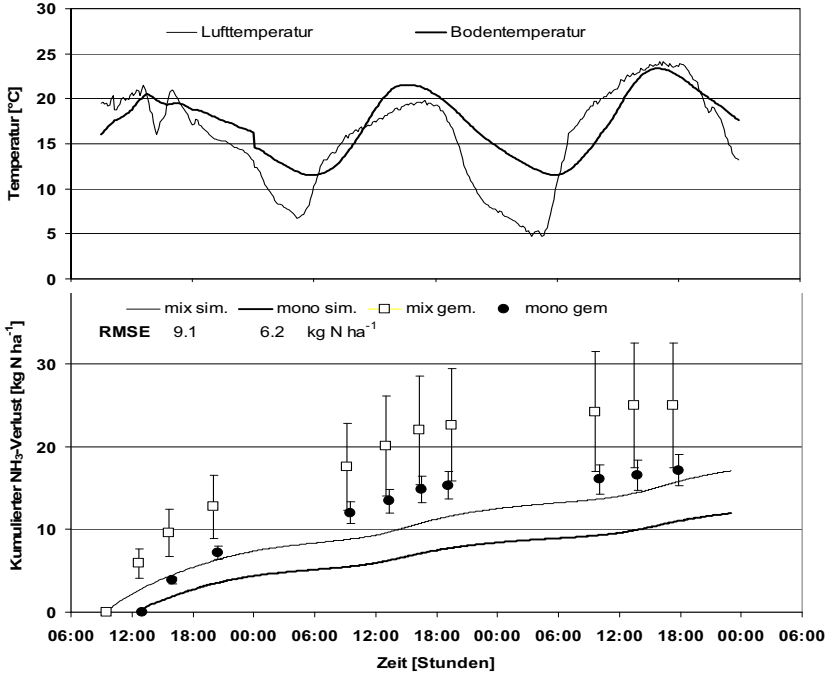


Abb 1: Gemessene und simulierte kumulierte NH_3-Verluste nach Ausbringung von zwei Biogasgärresten, Karkendamm, Weidelgras, Mai 07, 140 kg N ha^{-1} (Gesamt-N)

Literatur:

Pacholski, A., Cai, G.X. and Roelcke M. (2007). Modelling ammonia volatilization following urea fertilization in a winter wheat-maize rotation in China. In: Monteny G:J and Hartung E. (Eds) Ammonia emissions in agriculture, Wageningen Academic Publishers (in press)

Gericke, D., Pacholski, A. und Kage, H. (2007) NH_3-Emissionen bei der ackerbaulichen Nutzung von Gärresten aus Biogasanlgen, Mttl. Ges. Pflanzenbauwiss., 219,1

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 284–285 (2007)

Ökobilanzen für die Verbrennung von Aufwüchsen extensiv genutzten Grünlands

Bettina Tonn, Ulrich Thumm & Wilhelm Claupein

Einleitung

Aufwüchse extensiver Grünlandbestände, die nicht mehr zur Futterproduktion benötigt werden, eignen sich für eine energetische Verwertung, vor allem in Form der Verbrennung. Während der Nettoenergieertrag in vielen Fällen bedeutend niedriger als bei anderen halmgutartigen Biobrennstoffen liegt, ist von ebenfalls relativ geringem Energieaufwand bei der Bereitstellung auszugehen. Dagegen ist es möglich, dass aufgrund teilweise ungünstiger chemischer Brennstoffqualität höhere Emissionen klimarelevanter Gase bzw. Gase mit versauernder Wirkung entstehen.

Zur umfassenden Bewertung der Umweltwirkung einer thermischen Nutzung von Extensivgrünland-Auwüchsen wurden für verschiedene Grünlandbestände auf Basis langjähriger Ertragsdaten und ergänzender Qualitätsuntersuchungen Produkt-Ökobilanzen erstellt. Die Bilanzierungsergebnisse werden im Folgenden am Beispiel eines einzelnen Standorts präsentiert. Zusätzlich wird in vier weiteren Szenarien der Einfluss einer Variation der Parameter Biomasseertrag, Schnitthäufigkeit und N-Düngung aufgezeigt.

Material und Methoden

Die Produkt-Ökobilanz umfasst die Lebenswegabschnitte Produktion, Bereitstellung und Nutzung in einem ca. 25 km vom Produktionsort entfernten Heizwerk mit einer Leistung von 5 MW_{th} aus Biomasse, in dem neben anderen Biofestbrennstoffen Grünlandaufwüchse eingesetzt werden. Als funktionale Einheit wurde die Nutzung eines Hektars Extensivgrünland zur Erzeugung von Biofestbrennstoffen gewählt. In den entsprechenden Referenzszenarien wird diese Fläche einmal jährlich gemulcht; die entsprechende Wärmeenergie wird durch Einsatz von Erdgas bereitgestellt.

Zur Erstellung der Sachbilanz wurde unter anderem auf die von Kaltschmitt & Reinhardt (1997) zusammengestellten Basisdaten sowie, für den Bereich des Arbeitszeit- und Dieselkraftstoffbedarfs, auf Daten des KBTL (KTBL 2005) zurückgegriffen. Den besonderen Gegebenheiten im Bereich des Extensivgrünlands, wie häufig geringe Schlaggröße, höhere Schlag-Hof-Distanz und Arbeitserschwernisse durch Bodenunebenheiten und Hindernisse, wurde dabei Rechnung getragen.

Bei dem für Szenario 1 gewählten Grünlandbestand handelt es sich um die einmal jährlich im September gemulchte Parzelle am Versuchsstandort Hepsisau der „Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg (Schreiber, 1997). Es handelt sich dabei um ein *Arrhenatheretum* mit einem mittleren Ertrag von 47 dt TM/ha. Am Aufwuchs des Jahres 2006 wurden verbrennungsrelevante Inhaltsstoffe bestimmt (8,95 % Rohasche, 1,29 % N, 0,13 % S, 0,29 % Cl in TS). In den Szenarien 2 bis 4 wurden einzelne Parameter folgendermaßen variiert:

- Szenario 1: Ertrag 47 dt TS/ha; 1 Schnitt; 0 kg N/(ha*a)
- Szenario 2: um 50 % niedrigerer Ertrag (23,5 dt TS/ha); 1 Schnitt; 0 kg N/(ha a)
- Szenario 3: um 50 % höherer Ertrag (70,5 dt TS/ha), 2 Schnitte; 0 kg N/(ha a)
- Szenario 4: um 50 % höherer Ertrag (70,5 dt TS/ha), 1 Schnitt; 50 kg N/(ha a)

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Ergebnisse und Diskussion

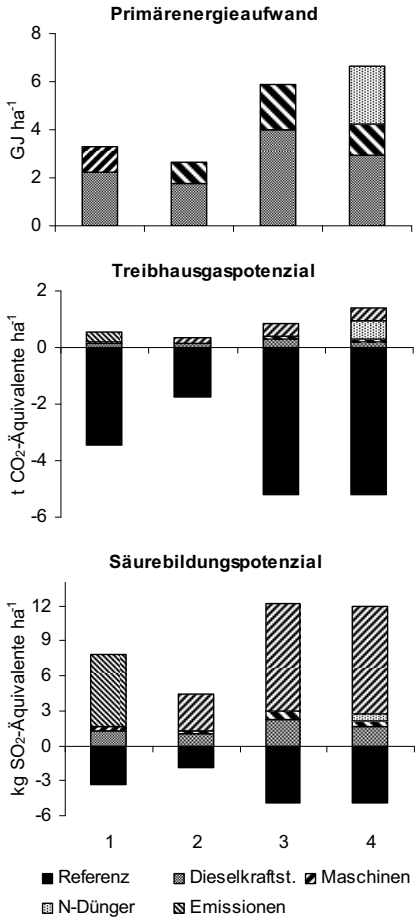


Abb. 1: Primärenergieaufwand in den Bioenergieszenarien 1 bis 4 (siehe Text); Treibhausgas- und Säurebildungspotenzial der Bioenergieszenarien denen der Referenzszenarien gegenübergestellt.

Die an der Feuerungsanlage bereitgestellte Nutzenergie liegt in den vier Bioenergieszenarien zwischen 30,5 und 91,6 GJ ha^{-1}. Der Anteil des Energieaufwands (Abb. 1) am Energiegewinn ist in Szenario 1 mit 5,4 % am niedrigsten. Durch Einsatz von N-Dünger zur Ertragssteigerung erhöht er sich auf 7,2 %; bei um die Hälfte reduzierten Biomasseerträgen auf 8,6 %. Vor allem bei nicht mineralisch gedüngtem Extensivgrünland mit Erträgen oberhalb des Niveaus von Magerrasen (>35 dt ha^{-1}) weist damit die Brennstoffnutzung eine hohe Energieeffizienz auf.

Die Einsparung an Treibhausgasen in den Bioenergieszenarien gegenüber den Referenzszenarien liegt zwischen 4,2 t CO_2 ha^{-1} a^{-1} (Szenario 2) und 6,2 t CO_2 ha^{-1} a^{-1} (Szenario 3.

Den genannten positiven Umweltwirkungen steht ein bedeutend höheres Säurebildungspotenzial der Bioenergieim Vergleich zu den Referenzszenarien gegenüber. Der größte Teil der Emissionen mit versauernder Wirkung entsteht dabei während der Verbrennung der Biomasse. Ihre Höhe wird neben den Eigenschaften des Brennstoffs auch stark durch die zum Einsatz kommende Feuerungsanlage beeinflusst. Sekundärmaßnahmen zur Abgasreinigung sowie die Qualitätsoptimierung der als Brennstoff eingesetzten Grünlandaufwüchse sind mögliche Lösungsansätze für dieses Problem.

Literatur

Kaltschmitt, M. und G. A. Reinhardt (Hrsg.) 1997: Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.

KTBL (Hrsg.) 2006: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Darmstadt: KTBL.

Schreiber, K.-F. 1997: Sukzessionen – Eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg, Projekt Angewandte Ökologie 23. Karlsruhe: LfU.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 286–287 (2007)

Energiebilanz nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung

Susann Helbig & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Der Anbau von Energiepflanzen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Anspruch ist es, durch die energetische Nutzung der Pflanzen fossile Energieträger zu substituieren und somit Treibhausgasemissionen zu mindern. Je nach Kulturart und Nutzungsweise sind die Möglichkeiten der CO2-Minderung begrenzt; die Energieeffizienz variiert stark. Pflanzenöl erreicht bspw. ein Output/Input-Verhältnis von 8:1, RME liegt dagegen lediglich bei 3:1 (FNR 2005).

Die energetische Bilanzierung der Biogasnutzung weist oft die Schwäche auf, entweder mit Durchschnittsangaben (Erträge, Produktionsverfahren, Anlagenparameter) oder aber mit stark erhöhten, in der Praxis nur unter Gunstbedingungen erreichbaren Erträgen, v.a. beim Silomais, zu kalkulieren. Dies wird den variablen Bedingungen in der Praxis nicht gerecht.

Der Anbau von Energiepflanzen und die Biogaserzeugung in Praxisbetrieben wurden von uns unter Einbezug realer Betriebs- und Verfahrensangaben energetisch bilanziert. Unserem Ansatz liegt die Hypothese zugrunde, dass die Energieeffizienz von Biogasanlagen nur betriebsindividuell bewertet werden kann.

Material und Methoden

Untersuchungsobjekte sind 10 bayerische Landwirtschaftsbetriebe, welche unterschiedliche Standortbedingungen, Betriebs- und Anlagenkonzepte repräsentieren. Die Ergebnisse zweier Betriebe werden hier exemplarisch vorgestellt.

Betrieb A setzt vorwiegend Mai- und Ganzpflanzensilage ein, Betrieb B hauptsächlich Weizen und Körnermais.

Die Energiebilanzierung des Pflanzenbaus erfolgte nach Hülsbergen (2003). Einbezogen werden direkter (Dieselkraftstoff, Strom) und indirekter Energieeinsatz (Betriebsmittel, Investitionsgüter) zur Erzeugung der Substrate. Über die Pflanzenproduktion hinaus werden Transport, Konservierung und Lagerung der Biomasse sowie Energieeinsatz und Konversionseigenschaften im Biogasprozess berücksichtigt.

Um den Einfluss der gewählten Inputsubstrate aufzuzeigen, werden nicht die realen Messwerte zu Biogas- und Stromproduktion verwendet, sondern Berechnungen zu Biogaspotentialen der Substrate (LfL 2007) herangezogen. Für die Untersuchung der Substrate Mais und Ackergras wurden für das Bundesland Bayern übliche Erträge sowie Standardproduktionsverfahren angenommen.

Zur Kalkulation der Strom- und Wärmemengen werden technische Wirkungsgrade von 35 $\%_{elektrisch}$ und 40 $\%_{thermisch}$ angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

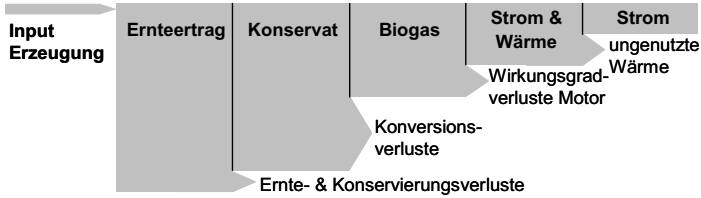
Der Energieinput im Pflanzenbau beträgt zwischen 10 und 19 GJ ha^{-1} (Tab. 1). Intensive Stickstoffdüngung sowie aufwändige Ernteverfahren erhöhen den Energieinput wesentlich. Trotz relativ hoher Energieeffizienz auf Ebene der Biomasseerzeugung wird bei ausschließlicher Stromnutzung lediglich ein Output/Input-Verhältnis von 1,6 bis 3,2 / 1 erreicht. Dabei weist die Nutzung von Mais- und Ganzpflanzensilage gegenüber Ackergras und Getreide eine bessere Effizienz auf. Die Verwertung

Department Pflanzenbauwissenschaften, Arbeitsgruppe Ökologischer Landbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising – Weihenstephan

des Biogases selbst ermöglicht dagegen Effizienzen von 4 bis 9 GJ Output je GJ Input.

Tab. 1: Energiebindung und -effizienz in Relation zum Energieeinsatz.

	Input GJ/ha	Output GJ/ha				
	Erzeugung	Ernteertrag	Konservat	Biogas	Strom & Wärme	Strom
Betrieb A	10	181	162	102	77	36
Effizienz	**1:**	**18**	**16**	**9**	**7**	**3,2**
Betrieb B	14	135	130	97	73	34
Effizienz	**1 :**	**9**	**9**	**6**	**5**	**2,2**
Silomais	14	258	232	146	110	51
Effizienz	**1:**	**17**	**15**	**9**	**7**	**3,1**
Ackergras	19	180	148	87	65	31
Effizienz	**1 :**	**9**	**8**	**4**	**3**	**1,6**



So wie die Technik weiter an Möglichkeiten der Gasaufbereitung und –nutzung über das Erdgasnetz arbeitet, sind auch die Potentiale im Pflanzenbau noch nicht erschöpft. Standortangepasste und bedarfsgerechte Düngung sowie die Nutzung von Zwischenaufwüchsen und Erntenebenprodukten kann den Energieinput verringern. So ist die energetische Nutzung von Kleegras im Ökologischen Marktfruchtbetrieb dem Mulchen des Aufwuchses eindeutig vorzuziehen, nicht nur aus energetischer Sicht. Auch die Pflanzenzüchtung bietet über das Bereitstellen hoch ertragreicher und –sicherer Genotypen Möglichkeiten der Effizienzsteigerung im Pflanzenbau.

Die Energieeffizienz stellt nur ein Kriterium bei der Umweltbewertung landwirtschaftlicher Biogaserzeugung dar. Stickstoffflüsse, CH_4- und N_2O-Emissionen und die Entwicklung der Humusvorräte als mögliche C-Senken müssen ebenso Berücksichtigung finden wie Aspekte des Bodenschutzes (Erosion, Schadverdichtung).

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Literatur

FNR (2005): Biokraftstoffe. Gülzow.

Hülsbergen, K.J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D. & W. Diepenbrock (2001): A method of energy balancing in crop production and its field application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems and Environment 80, 303-321.

LfL (2007) www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/index.php. Zugriff 4.7.07.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 288–289 (2007)

Untersuchungen zur P-Verteilung im Boden nach langjährigem Pflugverzicht und Direktsaat

Joachim Bischoff, Bodo Hofmann* & Olaf Christen*

Einleitung

Eine wichtige Aufgabe der Bodenbearbeitung ist es, organische und mineralische Dünger in die Bodenkrume einzuarbeiten. Bei Pflugverzicht reichern sich langfristig organische Substanz und Nährstoffe in der Oberkrume an (HOFMANN et al. 2005). Die ungleichmäßige Verteilung der Düngerphosphate wird häufig als Nachteil der konservierenden Bodenbearbeitung gesehen, weil aufgrund der geringen Beweglichkeit die Phosphatausnutzung durch die angebauten Kulturen beeinträchtigt sein kann. Deshalb wird das Einarbeiten des Düngerphosphats in größere Tiefen empfohlen und damit u.a. auch die Notwendigkeit eines periodischen Pflügens begründet.

Es soll deshalb der Frage nachgegangen werden, ob es sinnvoll ist, die konservierende Bodenbearbeitung durch eine Bodenwendung zeitweilig zu unterbrechen, um so die Verteilung der Nährstoffe in der Ackerkrume zu homogenisieren und dadurch auch deren Verfügbarkeit zu verbessern. Dieses Problem soll auf Grundlage von Dauerfeldversuchen geklärt werden, indem der Phosphorverteilung im Boden die jährlich durch die Ernte entzogene Phosphormenge gegenübergestellt wird.

Material und Methoden

Experimentelle Grundlage sind zwei Dauerfeldversuche:

	Leipzig-Seehausen,1965-2001	Bernburg, seit 1993
Bodentyp:	Parabraunerde-Pseudogley	Löss-Schwarzerde
Bodenart (Ap):	Slu, schluffig-lehmiger Sand	Ut4, stark toniger Schluff
Bodenschätzung:	sL 4 LöD 58/61	L 1 Lö 95/99
Jahresniederschlag:	560 mm	469 mm
Jahrestemperatur:	9,3 °C	9,1 °C
Fruchtfolge:	Blattfrucht 33 %, Halmfrucht 67 %	Blattfrucht 25 %, Halmfrucht 75 %

In den Dauerfeldversuchen wurden die Auswirkungen von wendender und pflugloser Bodenbearbeitung sowie der Direktsaat auf die vertikale Verteilung fruchtbarkeitsbestimmender chemischer Bodenparameter in Krume und Krumenbasis untersucht. Um den Einfluss wichtiger Strukturmerkmale auf die P-Ausnutzung zu erfassen, wurde die biologische Aktivität des Bodens anhand der mikrobiellen Biomasse, Enzymaktivität und Basalatmung analysiert. Zur Bestimmung der bodenphysikalischen Parameter Trockenrohdichte, Grobporenvolumen, Luftkapazität, pneumatische Leitfähigkeit und gesättigte Wasserleitfähigkeit wurden Stechzylinderproben in den Tiefen 0-6 cm, 16-22 cm, 24-30 cm, 32-38 cm, 42-48 cm, 60-66 cm, 72-78 cm und 90-96 cm entnommen.

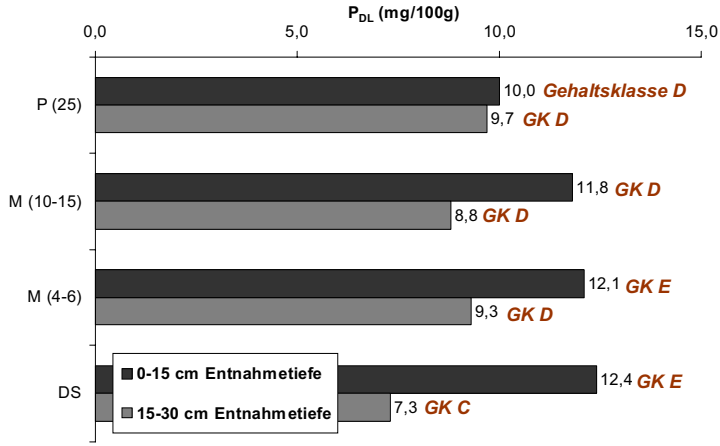
Die Phosphordüngung erfolgte in Höhe der Abfuhr durch das Erntegut mit 20 bis 25 kg P/ha bzw. 46 bis 57 kg P_2O_5/ha je Hektar und Jahr als Vorratsdüngung mit Triplesuperphosphat.

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg,

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, 06099 Halle (Saale)

Ergebnisse und Diskussion

Die Bodenbearbeitung beeinflusst je nach Wende-, Lockerungs- und Mischeffekt wesentlich die Gehalte und die vertikale Verteilung der Nährstoffe sowie der organischen Substanz im Boden. Nach der Abbildung führt Pflugverzicht zu einer Phosphoranreicherung in der Oberkrume und zu einem Konzentrationsgefälle in Richtung Unterkrume. Bei flacher Bearbeitung und Direktsaat liegt die Oberkrume in Gehaltsklasse E. Der Unterschied zwischen Ober- und Unterkrume beträgt in der Direktsaatvariante zwei Gehaltsklassen.



Legende: P (25): Pflug/ Packer (Arbeitstiefe: ≥ 25 cm), M (10-15 cm): Grubber/ Scheibenegge, M (4-6 cm): Vorsaatbearbeitung mit Scheibenegge, DS: Direktsaat ohne jede Bodenbearbeitung.

Abb. 1: P_{DL}-Gehalt einer Löss-Schwarzerde (pH-Wert > 7).

Bei der Bodenprobenahme muss berücksichtigt werden, dass der Phosphor nach mehrjährigem Pflugverzicht nicht mehr gleichmäßig in einer 30 cm mächtigen Ackerkrume verteilt ist. Übliche Beprobungstiefen von 20 cm bewirken eine gravierende Überschätzung der tatsächlichen Phosphatgehalte. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, die Grundnährstoffuntersuchung des Bodens in zwei Schichttiefen vorzunehmen, wenn über einen längeren Zeitraum pfluglos bearbeitet wurde: 0 bis 15 cm und 15 bis 30 cm. Ist eine Unterteilung nicht möglich, sollte die Beprobungstiefe von bisher 20 cm auf 30 cm erweitert werden. Anhand der Versuchsergebnisse konnte nachgewiesen werden, dass die Phosphor-Ernährung gewährleistet ist, wenn die Versorgung über Vorratsdüngung beziehungsweise bei anspruchsvollen Kulturen über Unterfußdüngung erfolgt. Die Ursachen für eine verbesserte Ausnutzung der Boden- und Düngerphosphate sind auf eine höhere bodenbiologische Aktivität, größere Reserven an pflanzenverfügbarem Bodenwasser im Wurzelraum und offensichtlich auch ein leistungsfähigeres Wurzelsystem nach konservierender Bodenbearbeitung zurückzuführen.

Literatur

HOFMANN, B., F. HERBST und O. CHRISTEN (2005): Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf ausgewählte chemische Bodeneigenschaften einer pseudovergleyten Parabraunerde. VDLUFA-Schriftenreihe.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 290–291 (2007)

Systemspezifische Eigenschaften des Humushaushaltes im ökologischen Landbau und Implikationen für die Humusbilanzierung

Christopher Brock & Günter Leithold

Einleitung

In diesem Beitrag sollen spezifische Eigenschaften des Humushaushaltes ökologisch bewirtschafteter Flächen als Grundlage der Analyse und Bewertung der Humusreproduktion untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Frage, inwieweit unter konventionellen Bedingungen entwickelte Instrumente (Humusbilanzen) für eine Anwendung im ökologischen Landbau geeignet sind bzw. welcher Anpassungsbedarf und/oder welche Alternativen hier bestehen.

Material und Methoden

In die Untersuchungen wurden 9 Dauerfeldversuche und hier insgesamt 161 Parzellen in Deutschland und Nachbarländern einbezogen. Für jede Parzelle wurden die Entwicklung der Humusgehalte (anhand von Zeitreihen zu C_{org} und N_t) sowie die aktuelle Ausprägung der mikrobiellen Aktivität (anhand von Bodenproben) als Indikator der Intensität der Umsetzungsprozesse im Boden bestimmt sowie Humus- und N-Bilanz berechnet (Humusbilanz nach VDLUFA, N-Bilanz mit Programm REPRO, Standardmodus). Aufgrund der jeweiligen Versuchsfrage wie auch der Datenlage konnten nicht alle Versuche für alle Auswertungen herangezogen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Weder bei der Entwicklung der Humusgehalte noch bei der mikrobiellen Aktivität können generalisierbare Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung abgesichert werden. Zwar können in der Einzel-Versuchsauswertung z.T. Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Varianten im Sinne der auch in der Literatur beschriebenen höheren Gehalte bei ökologischer Bewirtschaftung beobachtet werden. Es handelt sich hier allerdings offensichtlich um eine faktische Eigenschaft ökologischer Bewirtschaftung, die auf Strukturkennziffern (Fruchtfolge/Ackerflächenverhältnis, Betriebstyp, Menge und Art der organischen Düngung), nicht aber auf exklusive Charakteristika der Landbauform zurückzuführen ist. Die Notwendigkeit einer Berücksichtigung spezifischer Eigenschaften der Humusreproduktion im ökologischen Landbau in konventionellen Analyse- und Bewertungsinstrumenten kann auf diesem Wege daher zunächst nicht bestätigt werden.

Einen vielversprechenden Ansatz liefert hingegen die Analyse der Humusreproduktion auf Grundlage der Betrachtung des N-Haushaltes (vgl. Leithold 1991). Im Gegensatz zu den Faktoren Fruchtfolge und Betriebstyp besteht in der Art der N-Versorgung ein kategorisch differenzierendes Merkmal der Bewirtschaftungen konventionell und ökologisch. In Tab. 1 wird beispielhaft der ertragsabhängige Bedarf von Winterweizen an organischem N bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung errechnet. Dabei wird deutlich, dass im ökologischen Landbau selbst bei Berücksichtigung niedrigerer Erträge ein höherer Bedarf an organischem N für die Ertragsbildung besteht (z.B. Stockdale et al. 2002). Die Umrechnung in Humus

Justus-Liebig-Universität, Professur f. Organ. Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394 Giessen,
Email: christopher.j.brock@agrar.uni-giessen.de

erfolgt vereinfachend auf Grundlage eines angenommenen C:N-Verhältnisses der humifizierten organischen Bodensubstanz von 10:1.

Tab. 1: Systembezogene Ermittlung des Bedarfes von Winterweizen an organischem N. KON=konventioneller Landbau, OLB=ökologischer Landbau. VDLUFA= Humusbedarf nach VDLUFA-obere Werte.

Sys.	**Ertrag** *dt*ha^{-1} FM*	**N-Entzug** *kg N*ha^{-1}*a^{-1}*	**Mineraldg.-N** *kg N*ha^{-1}*a^{-1}*	**Bedarf organ. N** *kg N*ha^{-1}*a^{-1}*	**Humusverlust** *Häq*ha^{-1}*a^{-1}*	**VDLUFA** *Häq*ha^{-1}*a^{-1}*
KON	80	185	150	35	350	400
OLB	50	100	0	100	1000	

In der Humusbilanz bleiben die systembezogenen Besonderheiten des N-Haushaltes unberücksichtigt. Aus diesem Grunde zeigt sich auch beim Vergleich der Salden von Humus- und N-Bilanz von 71 Parzellen in 5 Dauerversuchen bei ökologischer Bewirtschaftung eher eine Abweichung in Richtung einer Überschätzung des für die Humusreproduktion zur Verfügung stehenden N als bei Parzellen der konventionellen Varianten (ohne Abbildung). Besonders für ökologisch bewirtschaftete Parzellen wird mitunter sogar bei negativer N-Bilanz noch ein positiver Humusbilanz-Saldo ermittelt.

Eine Anpassung konventioneller Humusbilanzmethoden ist mit Blick auf den N-Haushalt ökologisch bewirtschafteter Flächen unbedingt geboten und sollte unter Berücksichtigung bzw. auf Grundlage der N-Bilanz vorgenommen werden. Ansätze hierzu sind bei Leithold (1991) und Hülsbergen (2003) beschrieben und werden in einem laufenden Forschungsprojekt der Universitäten Giessen und München/Freising weiterentwickelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Autoren danken der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung für die Finanzierung der vorgestellten Arbeiten im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Literatur

Hülsbergen, K.-J. 2003: Entwicklung und Anwendung zur Bilanzierung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft, Shaker Verlag, Aachen.

Leithold, G.1991: Zur Herleitung der Gleichung der „horizontalen" Stickstoffbilanz. Wiss. Zs. Univ. Halle XXXX´91 M H6: 139-145.

Stockdale, E.A.; Shepherd, M.A.; Fortune, S. und S.P. Cuttle 2002: Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? Soil Use and Management 18: 301-308.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 292–293 (2007)

Wirkungen pflugloser Grundbodenbearbeitung in einem ökologischen Ackerbausystem

Uta Hoyer, Susanne Papaja, Carolin Lammer, Hans-Jürgen Reents & Kurt-Jürgen Hülsbergen

Einleitung

Aus zahlreichen Untersuchungen geht hervor, dass durch pfluglose Bodenbearbeitung Arbeits- und Maschinenkosten gesenkt, das Bodengefüge und die Aggregatstabilität verbessert werden, wodurch die Tragfähigkeit steigt und Erosion vermindert wird. Auch auf das Bodenleben wie mikrobielle Biomasse, Enzymaktivitäten sowie Artenzahl und Aktivität von Regenwürmern wirkt sich der Verzicht auf den Pflug positiv aus (Emmerling 1998). Aufgrund der Unkrautproblematik gibt es jedoch nur wenige ökologische Ackerbaubetriebe, die langjährig auf den Pflugeinsatz verzichten. Im Folgenden werden die Ergebnisse eines Flächenvergleiches zwischen einem regionstypischen konventionellen Betrieb (KON) der standardmäßig den Pflug einsetzt und einem ökologischen Betrieb (ÖKO) vorgestellt. Die Ziele des ökologischen Betriebes sind Maximierung der Bodenfruchtbarkeit und C-Sequestrierung, was durch vielfältigen Pflanzenbewuchs und Pflugverzicht erreicht werden soll.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf jeweils 4 benachbarten Ackerflächen gleicher Textur (Uls, Lu, Ut3) von zwei Betrieben in der Münchner Schotterebene (500 m NN, mittl. Jahrestemperatur 7,8 °C, mittl. Jahresniederschlag 800 mm) durchgeführt. Die ÖKO Flächen werden seit 18 Jahren ökologisch und pfluglos bewirtschaftet. Das Ackerflächenverhältnis liegt bei 43 % Kleegras (artenreiche Mischungen mit unterschiedlichen Durchwurzelungstiefen), 57 % Getreide mit 57 % Untersaaten. Der Tierbesatz beträgt 0,8 GV/ha Ackerland (Festmist + Kompost). KON hat einen Viehbesatz von 2,5 GV/ha Ackerland (Gülle). Es werden 36 % Silomais, 54 % Getreide, 7 % Kleegras, 3 % Ölfrüchte und 36 % Zwischenfrüchte in Form von Senf angebaut.

Im Frühjahr 2005 und 2006 wurden von allen Flächen gestörte und ungestörte Bodenproben entnommen und C_{org} (DIN ISO 10694), N_t, TRD (DIN ISO 11272), C_{hwl} (VDLUFA 2004), C_{mik} (DIN ISO 14240-1), β-Glucosidase und Katalase bestimmt. Die Regenwürmer wurden nach der Formalin-Methode untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigte sich ein deutlich positiver Einfluss der ökologischen Wirtschaftsweise ohne Pflug und ganzjährigem Pflanzenbewuchs auf wichtige Bodeneigenschaften. Bezogen auf die gesamte Beprobungstiefe 0-30 cm liegen die Gehalte der untersuchten Merkmale auf den ökologischen Flächen über denen der konventionellen Flächen (Tab. 1). Dies zeigt sich am deutlichsten in den Aktivitätsparametern C_{mik}, β-Glucosidase und Katalase. Durch die ökologische nicht-wendende Bewirtschaftung wurde ebenfalls die Aggregatstabilität erhöht (nicht dargestellt). Bei ÖKO nehmen die Gehalte an C_{org}, N_t, C_{hwl}, C_{mik} und der Enzymaktivitäten mit zunehmender Tiefe ab (nicht dargestellt). Durch die flache Einarbeitung mit dem Kreiselgrubber verbleibt die als Nahrung für die Mikroorganismen dienende orga-

* TU München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising

nische Primärsubstanz an der Bodenoberfläche während sie beim Pflugeinsatz in tiefere Schichten eingebracht wird.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsweise auf Lagerungsdichte (TRD), Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt, mikrobielle Biomasse und Enzymaktivitäten in 0-30 cm, (FA = %T + %fU)

Bewirtschaftung	FA %	TRD g cm^{-3}	C_{org} %	N_t %	C_{hwl} mg kg^{-1}	C_{mik} µg g^{-1}	β-Glucosidase µg Sal. g^{-1}	Katalase
ÖKO 1	26,5	1,37	2,01	0,19	525	784	77,1	15,0
ÖKO 2	24,4	1,40	2,09	0,23	670	1061	94,8	26,4
ÖKO 3	34,4	1,32	2,29	0,31	726	870	94,6	27,4
ÖKO 4	26,5	1,24	2,65	0,34	971	1308	197,9	38,1
KON 1	25,2	1,23	1,80	0,20	543	556	78,6	16,4
KON 2	21,8	1,36	1,66	0,18	543	507	70,4	16,0
KON 3	35,3	1,13	2,70	0,27	724	561	75,0	21,1
KON 4	24,2	1,12	2,04	0,22	549	680	87,7	17,8

Auch auf die Populationen von Regenwürmern wirkte sich die pfluglose ökologische Bewirtschaftung positiv aus. Sowohl Individuendichte bei Juvenilen und Adulten als auch die Biomasse der Regenwürmer ist deutlich höher als bei konventioneller Pflugbewirtschaftung (Abb. 1).

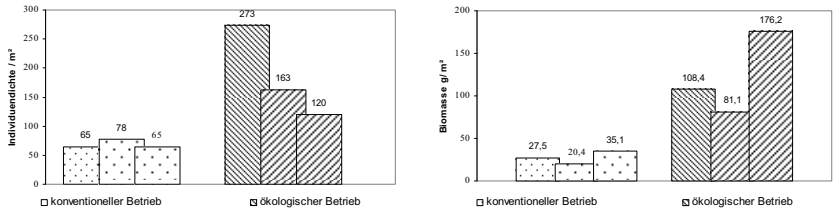


Abb. 1: Individuendichte und Biomasse von Regenwürmern auf drei ökologischen und konventionellen Vergleichsflächen

Aufgrund des hohen Viehbesatzes ist auch bei KON ein guter Versorgungsgrad mit organischer Bodensubstanz gegeben. Es zeigten sich jedoch bei ÖKO in allen Messgrößen höhere Werte. Dies lässt sich jedoch nicht auf einen einzigen Faktor wie z.B. die reduzierte Bodenbearbeitung zurückführen. In unserer Untersuchung können wir nur den Einfluss des Gesamtbetriebssystems im Zusammenwirken aller Einflussfaktoren (Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung) prüfen. Die Parameter C_{mik}, C_{hwl}, β-Glucosidase und Katalase reagieren viel sensitiver auf Bewirtschaftungseinflüsse als der Gesamtgehalt an C_{org} und N_t. Sie eignen sich daher gut als Indikatoren nachhaltiger Bodenbewirtschaftung.

Danksagung

Die Autoren danken dem Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Halle für die Enzymanalytik und der Abteilung für Bodenphysik und Standortbeurteilung der Bayerischen LfL für die Analysen auf Textur und Aggregatstabilität.

Literatur

Emmerling, C. (1998): Bodenbiologische und –ökologische Aspekte nachhaltiger landwirtschaftlicher Bodennutzung. Habilitationsschrift. Univ. Trier

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 294–295 (2007)

Stickstoff- und Energieeffizienz im integrierten und ökologischen Landbau

Stephan Deike, Bernhard Pallutt* & Olaf Christen

Einleitung

Stickstoff- und Energieeffizienz sind geeignet, um die Umweltwirkungen der Pflanzenproduktion zu bewerten, da diese aufgrund ihrer engen Korrelation zu anderen biotischen und abiotischen Indikatoren als integrierende Umweltindikatoren angesehen werden können (Schroll, 1994). Eine aussagekräftige Bewertung aus der Produktion resultierender Umweltbelastungen ist vor allem dadurch möglich, dass die Effizienz der eingesetzten Betriebsmittel, Standortfaktoren, die Betriebs- und Anbaustruktur sowie die Verfahrensgestaltung wesentliche Einflussgrößen bei der Analyse von Stoff- und Energieflüssen darstellen.

Auf dem Versuchsstandort Dahnsdorf (Fläming, Land Brandenburg) wurde 1995 ein Dauerversuch angelegt, bei dem seit Versuchsbeginn ein integriertes und ein ökologisches Bewirtschaftungssystem gegenübergestellt sind. Somit kann eine Beurteilung der unterschiedlichen Anbausysteme anhand ihrer Stickstoff- und Energieeffizienz unter Berücksichtigung der von ihnen ausgehenden Langzeiteffekte, unter gleichen Standortbedingungen und innerhalb des gleichen Zeitrahmens erfolgen.

Material und Methoden

Der Standort Dahnsdorf weist eine mittlere Bodenwertzahl von 48 auf. Vorherrschend ist ein stark lehmiger Sand (SL), die Versuchsflächen sind jedoch von einer hohen Bodenheterogenität gekennzeichnet. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr beträgt 526 mm, die mittlere Jahrestemperatur ist 8,5 °C. Häufig tritt eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit auf.

Die Fruchtfolge im integrierten Landbau (IL) lautet: Winterraps – Wintergerste – Luzerne/Klee/Gras – Winterroggen – Silomais – Winterweizen. Hierbei werden situationsbezogen bemessene Aufwandmengen von Herbiziden und Fungiziden im Getreide bzw. von Herbiziden und Insektiziden in Winterraps (bezeichnet als 100% HF) im Vergleich zu dazu halbierten Aufwandmengen (50% HF) geprüft. Die Applikation von Wachstumsreglern und Insektiziden im Getreide sowie die Fungizidanwendung in Winterraps erfolgt in allen Varianten gleich, so auch in der ansonsten unbehandelten Kontrolle (100% UK). Die Fruchtfolge im ökologischen Landbau (ÖL) ist ferner: Luzerne/Klee/Gras – Luzerne/Klee/Gras (seit 2005 Winterraps) – Winterweizen – Kartoffeln – Winterroggen – Sommergerste.

Die Untersuchungen zur Stickstoff- und Energieeffizienz wurden mit dem Bilanzierungsmodell REPRO durchgeführt (Hülsbergen, 2003). Zur Bewertung des Stickstoff (N)-Haushaltes wurde der Indikator N-Saldo verwandt. In die Berechnung des N-Saldos wurde eine N-Immission von 30 kg N ha^{-1} a^{-1} einbezogen. Die Kalkulation der Energiebilanzen erfolgte unter Berücksichtigung des direkten Energieeinsatzes (Dieselkraftstoff) sowie des indirekten Energieinputs in das System (Energieaufwand zur Produktion von Maschinen, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln). Als Indikatoren der Energieeffizienz wurden der Energiegewinn (= Energie-

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Ludwig-Wucherer-Straße 2, 06108 Halle (Saale); E-Mail: s.deike@bba.de
* Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

output minus Energieinput), die Energieintensität (= Energieinput je Getreideeinheit/GE) und das Output/Input-Verhältnis der Energie genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Unterschiede bezüglich des N-Saldos zwischen IL und ÖL waren gering. Bei situationsbezogenem Pflanzenschutzmittel (PSM)-Einsatz (100% HF) wurden im Durchschnitt ähnlich niedrige N-Überschüsse erzielt wie im ÖL. Dies kann vor allem mit dem relativ niedrigem N-Düngungsniveau und der Erhöhung der N-Verwertung durch die gezielte Regulierung von Schaderregern in dieser Variante des IL erklärt werden.

Der Energieinput im ÖL war signifikant niedriger als im IL. Dies ist vorrangig auf den Verzicht auf Mineraldünger zurückzuführen. Währenddessen resultierte aus der Verringerung der PSM-Intensität nur ein geringfügig niedrigerer Energieinput, obgleich neben dem Energiebedarf für die Applikation und die Herstellung der PSM auch der höhere Energieaufwand bei der Ernte infolge der grundsätzlich höheren Erträge bei höherer PSM-Intensität berücksichtigt wurden. Der signifikant höhere Energiegewinn im IL im Vergleich zum ÖL ist mit dem deutlich größerem Ertragsniveau im IL und der damit verbundenen Erhöhung des Energieoutputs zu begründen. In Bezug auf Energieintensität und Output/Input-Verhältnis konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt werden. Tendenziell war die Energieintensität bei der Variante mit situationsbezogenem PSM-Einsatz (100% HF) am günstigsten, während das Output/Input-Verhältnis im ÖL am höchsten war. Da Energiegewinn, Energieintensität und das Output/Input-Verhältnis in unterschiedlicher Weise von der Höhe des Energieinputs bzw. -outputs beeinflusst werden (Rathke & Diepenbrock, 2006), sollten insbesondere zur energetischen Bewertung unterschiedlicher Anbausysteme möglichst alle genannten Indikatoren genutzt werden.

Tab. 1: Ausgewählte Indikatoren der Stickstoff- und Energieeffizienz im ökologischen und integrierten Landbau, Standort Dahnsdorf (Mittel 2002-2006)

Variante	Energieinput (GJ ha^{-1})	Energiegewinn (GJ ha^{-1})	Energieintensität (MJ GE^{-1})	Output/Input-Verhältnis	N-Saldo (kg N ha^{-1})
100% UK	11,9 a	153,7 b	262,9 a	14,8 a	56,8 a
100% HF	12,4 a	187,1 a	199,6 a	17,4 a	38,6 a
50% HF	12,3 a	179,8 ab	214,6 a	16,9 a	44,7 a
ÖL	8,0 b	103,9 c	318,3 a	20,7 a	36,1 a

* Für Mittelwerte in Spalten mit gleichen Buchstaben sind keine statistisch gesicherten Unterschiede nachweisbar (Tukey-Test**, P_{α}=0,05)

** Die Ausgangsdaten von Energieinput, Energiegewinn, Energieintensität und Output/Input-Verhältnis wurden vor dem Mittelwertvergleich logarithmisch transformiert, da Varianzinhomogenität vorlag (logarithmische Werte nicht aufgeführt).

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker-Verlag, Aachen.

Rathke, G.-W., W. Diepenbrock (2006): Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Eur. J. Agron. 24, 35-44.

Schroll, H. (1994): Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agric. Ecosyst. Environ. 51, 301-310.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 296–297 (2007)

Indikatoren zur Analyse von Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus

Heinrich Reineke & Nicol Stockfisch

Einleitung

Umweltindikatoren für die Pflanzenproduktion gewinnen mit stärkerer Ausrichtung der verarbeitenden Industrie auf eine nachhaltige Entwicklung und zur Politikberatung zunehmend an Bedeutung. Sie ermöglichen vorwiegend die Analyse des gesamten Sektors oder ganzer Betriebe. Es ist bisher nicht üblich, Umwelteffekte einzelner Produktionsverfahren wie z. B. des Zuckerrübenanbaus mit Indikatoren darzustellen. Politik und Gesellschaft diskutieren ökologische Folgen des Pflanzenbaus jedoch häufig auch fruchtartenbezogen. Ziel des vorgestellten Projekts ist es, Indikatoren zur Analyse von Umweltwirkungen des Rübenanbaus zu erarbeiten. Die Umweltindikatoren sollen nachvollziehbar und wissenschaftlich fundiert über wichtige Umweltwirkungen informieren. Sie müssen auf Grundlage produktionstechnischer Daten abzuleiten und für eine größere Gruppe von Betrieben einfach zu ermitteln sein.

Material und Methoden

Im ersten Halbjahr 2006 wurden für das Projekt „Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau“ von 109 landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland Daten zum Produktionsverfahren 2004 erhoben. Für bis zu drei Rübenschläge pro Betrieb wurden u. a. die Standortbedingungen und alle Anbaumaßnahmen ab Ernte der Vorfrucht (u. a. Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz) erfasst.

In Anlehnung an das DPSIR-Indikatorenmodell der Europäischen Umweltagentur (Anonymus 2005) werden mit Indikatoren die Intensität des Zuckerrübenanbaus und möglicherweise davon ausgehende Umweltwirkungen untersucht (Abb. 1 für das Beispiel Bodenbearbeitung). Driving-Force-Indikatoren werden aus Angaben zur Produktionstechnik abgeleitet. Pressure-Indikatoren sind komplexer und können nur unter Berücksichtigung von Standortdaten und z. T. in Modellen ermittelt werden. Die Indikatoren werden durch weitere Informationen über Umweltzustand (State), Auswirkungen von Umweltveränderungen (Impact) und gesellschaftliche Reaktionen (Response) ergänzt und in ihrer Aussagekraft evaluiert.

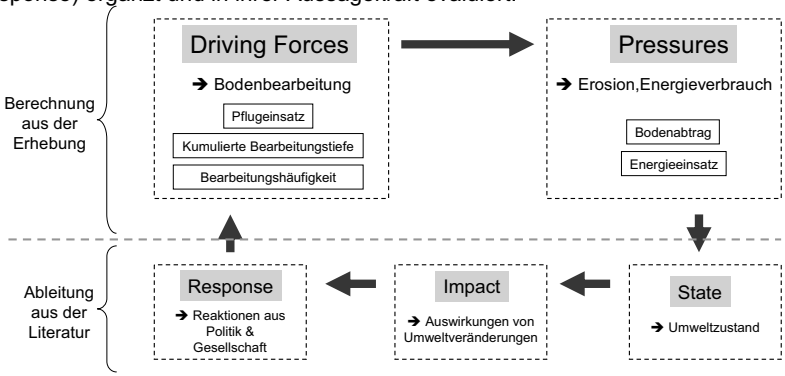


Abb. 1: Umweltindikatoren für die Bodenbearbeitung (Beispiele) im DPSIR-Modell

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen

Ergebnisse und Diskussion

Driving-Force-Indikatoren für die Bodenbearbeitung sind u. a. Bearbeitungshäufigkeit, kumulierte Bearbeitungstiefe (= Summe über die Bearbeitungstiefen aller Bearbeitungsgänge [m]) und Bodenbedeckungsgrad. In der Erhebung betrug die mittlere Bearbeitungshäufigkeit ohne Berücksichtigung von Maßnahmen zur Tiefenlockerung 4,2 (Abb. 2 links). 80 % der Einzelwerte lagen zwischen 3,0 und 6,0. Die kumulierte Bearbeitungstiefe hatte einen Mittelwert von 0,5 m, wobei sich 80 % der Einzelwerte von 0,3 bis 0,7 m verteilten. Es gab damit zwischen den Schlägen deutliche Unterschiede in der Bearbeitungsintensität. Diese wirkten sich z. T. auch auf den geschätzten Bodenbedeckungsgrad aus. Während für die Aussaat in die Pflugfurche ein Bedeckungsgrad von 0 % angenommen wurde (nicht dargestellt), lässt sich bei pflugloser Bearbeitung zumindest ein Teil der Variation des Bedeckungsgrades mit der kumulierten Bearbeitungstiefe erklären (Abb. 2 rechts). Der Zusammenhang zwischen kumulierter Bearbeitungstiefe und Bedeckungsgrad ist nicht enger, weil die Bodenbedeckung weiteren Einflüssen wie Art der Vorfrucht, Zwischenfruchtanbau oder Bearbeitungszeitpunkt unterliegt. Die Veränderung der Bearbeitungsintensität scheint aber ein wichtiger Faktor für unterschiedliche Bedeckungsgrade zu sein. Eine ausreichende Bedeckung ist nach Brunotte et al. (1999) Voraussetzung, um die Erosionsgefahr zu reduzieren.

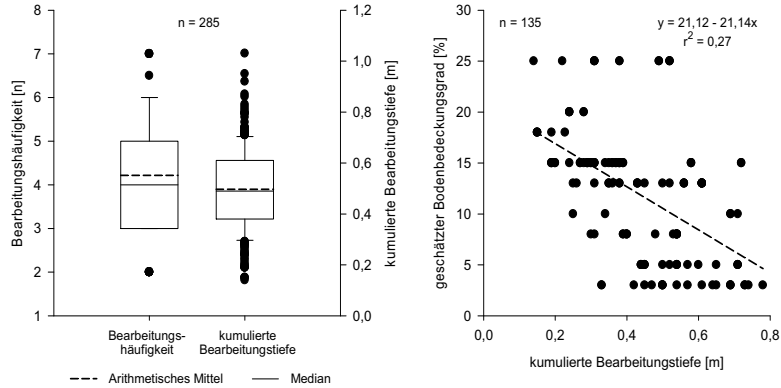


Abb. 2: Bearbeitungshäufigkeit und kumulierte Bearbeitungstiefe zu Zuckerrüben (links) und Zusammenhang zwischen kumulierter Bearbeitungstiefe und geschätztem Bodenbedeckungsgrad bei pflugloser Bearbeitung nach Getreidevorfrucht (rechts) (Zuckerrübenanbau 2004; 109 Betriebe)

Auch für weitere Driving-Forces wie Befahrung mit Maschinen, Düngung und Pflanzenschutz sollen verschiedene Indikatoren erarbeitet werden. Anhand der produktionstechnischen Daten aus der Erhebung werden Umweltwirkungen exemplarisch ermittelt und die Ergebnisse auf Plausibilität geprüft.

Literatur

Anonymus 2005: Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report. European Environment Agency, Kopenhagen.

Brunotte, J.; B. Winnige; M. Frielinghaus und C. Sommer 1999: Der Bodenbedeckungsgrad – Schlüssel für gute fachliche Praxis im Hinblick auf das Problem Bodenabtrag in der pflanzlichen Produktion. Bodenschutz 4: 57–61.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 298–299 (2007)

Integration von Raps in Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus

Herwart Böhm

Einleitung

Ökologisch produzierter Raps wird seit mehreren Jahren von den verarbeitenden Ölmühlen stark nachgefragt. Durch das geringe Angebot können sehr gute Marktpreise erzielt werden. Die Zurückhaltung der Praktiker hinsichtlich einer Ausdehnung des Rapsanbaus ist durch das hohe Anbaurisiko begründet, was vor allem auf den hohen Schädlingsdruck zurückzuführen ist. Aber auch der hohe Nährstoffanspruch hinsichtlich der Stellung des Raps in der Fruchtfolge spielt eine bedeutende Rolle. Dies führt wiederum zu einer Konkurrenzsituation von Raps und Weizen, da beide Kulturen bevorzugt nach Kleegras angebaut werden. Daher wurden in einem 3-jährigen Feldversuch sowohl unterschiedliche Vorfrüchte zu Raps als auch eine Verbesserung der Vorfruchtleistung des Raps durch eine Weißkleeuntersaat geprüft, um nachfolgend Weizen anbauen zu können.

Material und Methoden

In 3-jährigen Feldversuchen wurden am Standort Trenthorst (suL, 55 BP, pH-Wert 6,2-6,5, P-, K-, Mg-Gehalte in Klasse C bzw. D) Großparzellen (36 x 20m) in 4-facher Wiederholung mit den Vorfrüchten (VFR) Kleegras (2-Schnittnutzung, KG-S), Kleegras (2x Mulchen, KG-M), Körnererbsen (KE) und Körnererbsen/So-Gersten-Gemenge (KE/SG) etabliert. Nach der Ernte der Vorfrüchte wurde im Herbst zur Rapsaussaat (Sorte Express, 70 Körner m^{-2}), die mit den unterschiedlichen Reihenabständen 12,5 cm, 25,0 cm, 37,5 cm und 50,0 cm erfolgte, einheitlich gepflügt. Jede dieser Reihenweiten wurden „ohne“ und „mit“ Weißklee-Untersaat (US, Sorte Milkanova, 5 kg ha^{-1}, zeitgleich mit der Rapsaussaat) angelegt. Hieraus ergibt sich systembedingt eine unterschiedliche Strategie in der Beikrautregulierung. In den Varianten mit Getreideabstand 12,5 cm wurde keine mechanische Unkrautregulierung durchgeführt, in den Varianten mit weiteren Reihenabständen erfolgte eine Unkrautregulierung mit der Hacke nur in den Varianten ohne Untersaat.

Nach der Rapsernte wurde in einem weiteren Versuchsjahr zur Überprüfung des Vorfruchteffektes der unterschiedlichen Rapsanbausysteme Weizen angebaut. Hier wurden Kornertrag und –qualitäten ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Rapsertrag lag nur im Jahr 2005 mit 16,8 dt ha^{-1} auf einem für den ökologischen Landbau befriedigendem Niveau (Abb. 1). Die niedrigen Erträge in den Jahren 2004 und 2006 sind auf einen außerordentlich starken Befall mit vor allem Rapsglanzkäfern zurückzuführen. In diesen Jahren wurden z.T. über 1000 bzw. 600 Rapsglanzkäfer pro Gelbschale gefangen.

Die statistische Verrechnung zeigte signifikante Effekte der Hauptfaktoren Jahr, Vorfrucht, Reihenabstand und Untersaat. Die höchsten Erträge wurden nach der Vorfrucht ‚Kleegras-gemulcht' (KG-M) erzielt, wobei jedoch Wechselwirkungen zwischen VFR * JA bestanden. So lag in den Jahren 2005 und 2006 kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten KG-M und KG-S vor, jedoch war in allen 3 Jahren der Ertrag in KG-M signifikant höher als in KE und KE/SG.

Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Email: herwart.boehm@fal.de

Bei den Reihenweiten führte im Mittel der 3 Jahre nur die Reihenweite 12,5 cm zu signifikant niedrigeren Erträgen, wobei hier Wechselwirkungen sowohl für RA * JA als auch für RA * US ausgewiesen wurden.

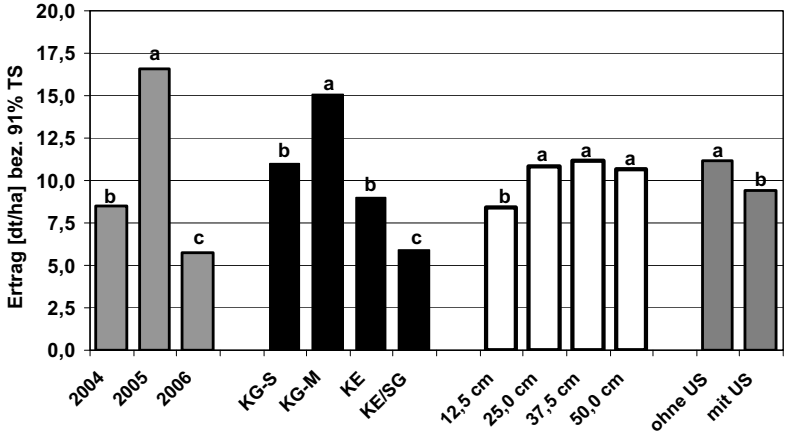


Abb. 1: Rapsertrag [dt ha^{-1} bez. 91% TS] in Abhängigkeit von Anbaujahr, Vorfrucht, Reihenabstand und Untersaat
α= 0,05; Tukey-Test; nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Ergebnisse zu den Auswirkungen der unterschiedlichen Rapsanbausysteme auf den Ertrag und die Rohproteingehalte der Folgefrucht Weizen liegen bislang nur zweijährig vor. Die statistische Verrechnung zeigte einen signifikanten Effekt für den Faktor Untersaat in der Vorfrucht Raps. Sowohl der Ertrag als auch die RP-Gehalte waren nach Vorfrucht Raps mit Untersaat signifikant höher als nach Vorfrucht Raps ohne Untersaat (Tab. 1). Zusätzlich in den Versuch integrierte Varianten mit Vorfrucht Kleegras zeigten einen nur geringfügig höheren Weizenertrag, jedoch um 0,4-0,5% höhere Rohproteingehalte im Vergleich zu der Vorfrucht Raps mit US.

Tab. 1: Ertrag und Rohproteingehalt von Weizen nach Vorfrucht Raps mit und ohne Weißkleeuntersaat (US) bzw. nach Vorfrucht Kleegras

	2005		2006	
	dt ha^{-1} (TS)	% RP (TS)	dt ha^{-1} (TS)	% RP (TS)
Raps ohne US	46,5 a	11,8 a	33,7 a	11,1 a
Raps mit US	49,4 b	13,1 b	48,0 b	12,1 b
Kleegras	50,1	13,6	52,1	12,5

Zusammenfassend wird festgehalten, dass der zu realisierende Rapsertrag im ökologischen Landbau maßgeblich von dem Schädlingsdruck abhängt. Kleegras ist die für den Rapsanbau zu bevorzugende Vorfrucht. Eine Untersaat mit Weißklee kann im Raps gut etabliert werden, die wiederum den Ertrag und den Rohproteingehalt in der Folgekultur Weizen signifikant erhöht.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 300–301 (2007)

Optimierung der Stickstoff-Düngung bei Winterraps (*Brassica napus*)

Bernhard Limbrunner & Franz-Xaver Maidl

Einleitung

Durch eine stetig steigende Nachfrage nahm die Anbaufläche von Raps in Deutschland in den letzten Jahren stark zu. Auch im Jahr 2007 ist der Rapsanbau mit etwa 1,5 Mio. ha Anbaufläche weiter auf dem Vormarsch.

Winterraps benötigt, im Vergleich zu Getreide, höhere Mengen an Nährstoffen, wobei der verfügbare Stickstoff oft den Kornertrag begrenzt (Rathke et al., 2004). Bei Winterraps sind zum Zeitpunkt der Blüte etwa 300 kg N/ha in die oberirdische Biomasse gebunden (Albert, 2006). Bei einem Kornertrag von 40 dt/ha werden davon nur ca. 150 kg N/ha vom Feld abgefahren. Der Rest verbleibt auf dem Feld und stellt somit eine potentielle Nitratauswaschungsgefahr dar. Um den hohen N-Bedarf zur Produktion der pflanzlichen Biomasse zu decken benötigt Raps hohe Düngermengen von zum Teil mehr als 220 kg N/ha. Im nachfolgenden Beitrag wird über zweijährige Versuchsdaten berichtet, wobei die Wirkung der Gesamt-N-Menge und deren Terminierung in Hinblick auf den Kornertrag, den Ölgehalt, die N-Bilanz und die Wirtschaftlichkeit des Rapsanbaus betrachtet werden.

Material und Methoden

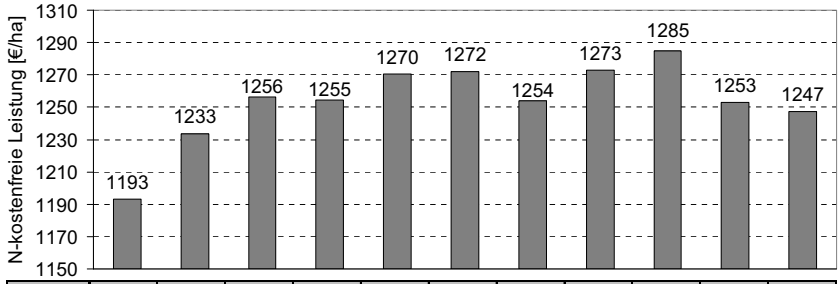
In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf der Versuchsstation Roggenstein des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Stickstoff-Optimierungsversuche bei Winterraps (*Brassica napus*) durchgeführt. In diesen Versuchen wurden zwei Rapssorten, die Liniensorte Oase und die Hybridsorte Trabant, mit 12 Stickstoffvarianten behandelt, welche sich in der N-Gesamtmenge, in der Verteilung und in der Terminierung der Teilgaben unterschieden. Jede Variante wurde 4-fach wiederholt. Die Parzellen waren als Doppelparzellen angelegt, wobei in einer Parzelle die Endernte durchgeführt wurde, die andere Parzelle diente als Beprobungsparzelle. In diesen wurden zu vier Terminen während der Vegetationsperiode Biomasseproben entnommen und im Labor auf deren Stickstoffgehalt untersucht. Die erhobenen Daten wurden hinsichtlich pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Aspekte ausgewertet, wobei das Statistikpaket SPSS 15.0 verwendet wurde. Des Weiteren wurden Kurven zur optimalen N-Aufnahme von Winterraps erarbeitet, aus welchen eine Stickstoff-Düngestrategie ermittelt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der varianzanalytischen Verrechnung der Daten ergaben sich keine signifikanten Effekte für die Wechselwirkungen Jahr * N-Stufe bzw. Sorte * N-Stufe, weshalb die weiteren Auswertungen unabhängig der Betrachtung von Sorte und Jahr durchgeführt wurden. Die höchsten N-kostenfreien Leistungen wurden mit N-Gaben von 180 bis 220 kg N/ha (N-Stufe 6, 7, 9 und 10) erzielt (Abb. 1). Die höheren N-kostenfreien Leistungen wurden immer in den Varianten mit entsprechender Herbst-N-Gabe, niedriger Düngung zu Vegetationsbeginn und Betonung der N-Gabe zu Schossbeginn (EC 30) erreicht. Selbst Varianten ohne jegliche N-Düngung zu VB, aber kräftiger Düngung zu EC 30 (N 9) lagen mit in der Spitzengruppe. Zudem war

Department Pflanzenwissenschaften, Arbeitsgruppe Pflanzenbau, Alte Akademie 12, 85350 Freising-Weihenstephan

bei schossbetonter N-Düngung die N-Bilanz um ca. 20 kg N/ha verbessert. Bei richtiger Terminierung und Dosierung der N-Düngung waren Höchsterträge mit N-Bilanzen von kleiner +40 kg N/ha möglich.



N-Stufe	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Herbst	0	20	0	0	20	20	20	40	40	40	20
VB	60	60	60	120	60	60	120	0	60	120	60
EC 30	60	60	120	60	60	120	60	120	120	60	120
EC 55	0	0	0	0	40	0	0	40	0	0	40
Gesamt	120	140	180	180	180	200	200	200	220	220	240

Abb. 1: Stickstoff-kostenfreie Leistung (in €/ha) der verschiedenen N-Stufen.

Die Bedeutung einer verhaltenen Düngung zu Vegetationsbeginn leitet sich aus einer zunächst sehr verhaltenen N-Aufnahme des Bestandes ab (Abb. 2). Zwischen Vegetationsbeginn und Schossbeginn nimmt der Bestand nur eine relativ geringe Menge an Stickstoff auf (etwa 1 kg N/ha/Tag). Hohe Gaben von 120 kg N/ha können in dieser Entwicklungsphase von den Pflanzen nicht verwertet werden. Ab Schossbeginn steigt die tägliche N-Aufnahme dagegen auf einen sehr hohen Wert von etwa 5 kg N/ha/Tag an. Von Schossbeginn bis Blühbeginn werden also mehr als 100 kg N/ha aufgenommen. Dies ist wohl der Grund für die bessere Wirkung einer schossbetonten N-Düngung gegenüber einer vegetationsbetonten.

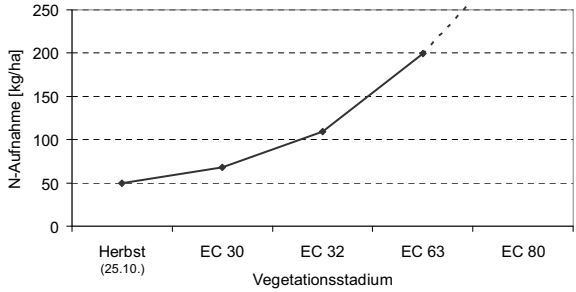


Abb. 2: Optimale Stickstoff-Aufnahme während der Vegetation bei Winterraps.

Literatur

Albert, E. 2006: Mit Stickstoff geizen?. DLG Mitteilungen: Dünger-Magazin Winter/06.

Rathke, G.W.; Christen, O.; Diepenbrock, W. 2004: Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (Brassica napus L.) grown in different crop rotations. Field Crop Research 94 (2005): 103 – 113.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 302–303 (2007)

Vergleich unterschiedlicher N-Düngerformen und N-Düngungsverfahren bei Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Ammoniumdepotdüngung (Cultan-Verfahren)

Wilfried Hermann, Albrecht Weber & Wilhelm Claupein

Einleitung

Umweltprogramme und Bilanzierungsansätze sowie ökonomische Vorgaben bedingen einen effektiven Stickstoffdüngereinsatz im Winterweizenanbau. Hinzu kommen veränderte Klimabedingungen mit Trockenphasen, die eine sichere Stickstoffdüngerwirkung in Frage stellen. Zudem geht eine Reduktion der N-Düngermenge im Qualitätsweizenanbau mit einer Minderung der Backqualität einher. Ziel dieses Forschungsvorhaben war es, die Effizienz verschiedener N-Düngungsverfahren zu vergleichen.

Material und Methoden

In den Vegetationsperioden 2003/2004 bis 2005/2006 wurden auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48° 44' N; 8° 56', 500 m ü. N.N, 8,2°C, Ø 693 mm, tL) N-Düngungsversuche bei Winterweizen cv. Transit und cv. Enorm (Saattermin: Mitte Oktober, Vorfrucht Zuckerrüben) mit folgenden Varianten durchgeführt:

Tab. 1: N-Düngungsvarianten

	Transit A					Enorm E				
Variante kg N/ha	ge-samt	Veg.-beginn	EC 31	EC 37	EC 51	ge-samt	Veg.-beginn	EC 31	EC 37	EC 51
Kontrolle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harnstoff [1]	186 149	40 32	66 53	40 32	40 32	180	30	40	30	80
KAS [2]	186 149	40 32	66 53	40 32	40 32	180	30	40	30	80
Cultan AHL [3]	186 149	0 0	186 149	0 0	0 0					
Cultan HAS [4]	186 149	0 0	186 149	0 0	0 0	180	0	180	0	0
HAS O.fl.depot [5]	186 149	0 0	186 149	0 0	0 0					
AHL Düse und Schleppschl.	186 149	40 32	66 53	40 32	40 32	180	30	40	30	80
Entec 26 [6]						180	50	130		

1: Harnstoff: 46% N (gekörnt)
2: Kalkammonsalpeter: 27% N; 13,5% Nitrat-N, 13,5% Ammonium-N
3: AHL: Ammoniumnitratharnstofflösung 28% N; 14% Carbamid-N, 7% Nitrat-N, 7% Ammonium-N
4: HAS: Harnstoffammoniumsulfatlösung: 20% N; 14% Carbamid-N, 6% Ammonium-N, (Domamon®)
5: Oberflächendepot im Schleppschlauchverfahren mit Harnstoffammoniumsulfatlösung
6: Entec 26: 26%N; 7,5% Nitrat-N, 18,5% Ammonium-N, 13% S; mit Nitrifikationshemmstoff

Die Ammonium-Depotdüngung wurde mit Injektionsscharen nach Kuhlenkamp reali-

Universität Hohenheim, Versuchsstation Ihinger Hof, 71272 Renningen;
hermannw@uni-hohenheim.de

siert. Bei diesem Verfahren wird auf eine Aufteilung der N-Gaben verzichtet; die einmalige Flüssigdüngergabe wird bei Bestockungsende 3-4 cm tief in den Boden eingeritzt, wobei ein N-Depot angelegt wird. Vergleichend hierzu wurde ein Oberflächendepot im Schleppschlauchverfahren angelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigte sich, dass der Einfluss des N-Düngungsverfahrens auf den Kornertrag bei Winterweizen vom Bestandesaufbau abhängig war: Der Bestandesdichtetyp (Sorte Transit) reagierte auf eine einmalige N-Düngung zu Schoßbeginn (Ammoniumdepotdüngung) mit Mindererträgen, während beim Einzelährentyp (Sorte Enorm) gleiche oder signifikant höhere Kornerträge im Vergleich zur Düngung in geteilten Gaben mit Harnstoff oder Kalkamonsalpeter erzielt wurden (Abb. 1).

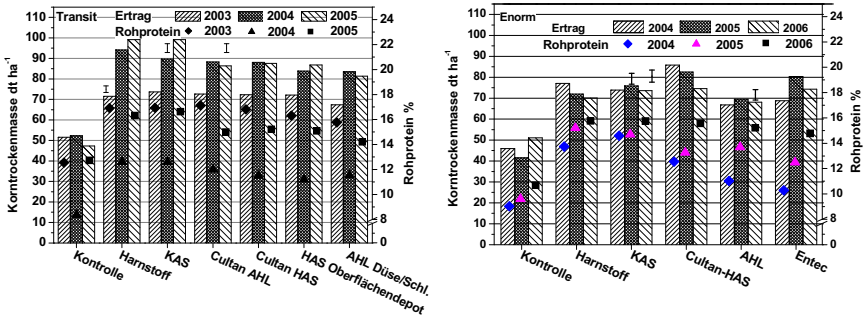


Abb. 1: Einfluß des N-Düngungsverfahrens auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt des Korns bei Winterweizen in Abhängigkeit von der Sorte.

Grundsätzlich war bei Ammoniumdepotdüngung der Rohproteingehalt im Korngut um 0,5%-1% im Vergleich zur Düngung mit Harnstoff oder Kalkammonsalpeter in Teilgaben reduziert. Mit Harnstoff und KAS wurden im Mittel vergleichbare Kornerträge und Kornproteingehalte erzielt, wobei die jahresbedingten Schwankungen im N-Entzug und damit in der Effizienz der N-Düngung im dreijährigen Vergleich bei Kalkammonsalpeterdüngung geringer ausfielen als bei AHL- bzw. Ammoniumdepotdüngung. In allen Versuchsjahren wies die Düngung mit AHL die geringste Düngungseffizienz auf. Die geprüften Varianten unterschieden sich in ihren Auswirkungen auf den Rest-Nmin-Gehalt im Boden nicht signifikant. Die Nmin-Werte unterlagen bedingt durch die streifenförmige Applikationsform beim Ammoniumdepotverfahren einer starken Streuung; der Einfluß des Versuchsjahres war größer als der Unterschied zwischen den Varianten.

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

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 304–305 (2007)

Einfluss der Art der Stickstoffernährung – symbiotisch versus nicht symbiotisch – auf die Wassernutzungseffizienz und Ertragsbildung von Körnerleguminosen

Falk Eisenreich & Knut Schmidtke

Einleitung

Im ökologischen Land- und Gartenbau ist der Anbau von Leguminosen sehr bedeutend, weil hier Stickstoff vor allem über die symbiotische N_2-Fixierung der Leguminosen zugeführt wird. Für eine pflanzenbaulich effiziente Nutzung der Ressourcen am Standort sind genaue Kenntnisse zum artspezifischen Anspruch der Leguminosen an Wachstumsfaktoren erforderlich, um mit diesen Pflanzen ein leistungsfähiges Anbausystem gestalten zu können. Neuere Arbeiten im Gefäßversuch unter Gewächshausbedingungen deuten darauf hin, dass die Produktivität der Transpiration bei symbiotisch ernährten Erbsen deutlich geringer ist als bei Erbsen, die ihren Stickstoffbedarf über boden- oder düngebürtige mineralische Stickstoffformen decken (Schmidtke 2006).

Material und Methoden

Um den Wasserverbrauch symbiotisch im Vergleich zu mineralisch stickstoffernährten Leguminosen auch unter Feldbedingungen ermitteln zu können, wurden parallel zu Gefäßversuchen Feldversuche (2006/2007) auf tiefgründigen Lößstandorten in der Lommatzscher Pflege (Sachsen) durchgeführt. Hier wurden 2 Körnerleguminosenarten (Körnererbse, Ackerbohne) sowie Hafer als Referenz angebaut. Die Versuche wurden in einer Spaltanlage mit 5 Wiederholungen und 2 Varianten (symbiotische N-Ernährung versus mineralische N-Ernährung) angelegt. Die mineralische Variante erhielt eine mit Isotopen (^{15}N) angereicherte N-Gabe in Höhe von 400 kg N ha^{-1} zur Saat. Es wurde der Niederschlag am Standort erfasst, die Änderung des Bodenwasservorrates über die Vegetationsperiode mit Hilfe von Bodenproben aus bis zu 2 m Tiefe quantifiziert sowie physiologische Effekte der Art der N-Versorgung der Pflanze am Gaswechsel der Blätter mit Hilfe eines Porometers (Typ „CIRAS 1“, PP Systems) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl die Gefäßversuche als auch die Feldversuche zeigten deutliche Unterschiede im transpirativen Wasserverbrauch zwischen den Varianten mit vorwiegend symbiotischer N-Ernährung und den Varianten mit vorwiegend mineralischer N-Ernährung. So zeigte sich, dass im Feld der transpirative Wasserverbrauch der Ackerbohne am Blatt signifikant geringer lag als dieses bei Erbse der Fall war (Tab. 1). Gleichzeitig wies die Ackerbohne eine deutlich geringere Nutzungseffizienz des Wassers (Transpirationskoeffizient) am Blatt als die Erbse auf. Auf Ebene des Blattes zeigten die mit Stickstoff gedüngten Leguminosen und überwiegend symbiotisch ernährten Leguminosen keinen Unterschied in der Höhe des Transpirationskoeffizienten (Tab. 1). In der Verwertung der assimilierten Trockenmasse konnten aber deutliche Unterschiede zwischen den gedüngten und nicht gedüngten Pflanzenbeständen im Feld nachgewiesen werden. So lag der Gesamtwasserverbrauch für die Bildung eines Kilogramms Trockenmasse mit ca. 103 Liter (Erbse) bzw. 76 Liter

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachgebiet Ökologischer Landbau, 01326 Dresden

(Ackerbohne) bei den symbiotisch ernährten Leguminosen deutlich höher als bei den gedüngten Pflanzen (Tab. 2). Dies lässt darauf schließen, dass die Leguminosen bei symbiotischer N-Ernährung mehr Wasser verbrauchen, weil die unter Wasserverbrauch assimilierte Trockenmasse für die symbiotische N_2-Fixierung wieder veratmet wird. Deshalb lag offenbar auch der Ertrag in der Vegetationsperiode 2006 bei trocken-heißer Witterung der nicht gedüngten Leguminosen im Feld um ca. 20 % unter dem der gedüngten Pflanzenbestände. Es konnte gezeigt werden, dass für die symbiotische N_2-Fixierung der Leguminosen ein zusätzlicher Wasserverbrauch um ca. 20 % in der Erzeugung zu berücksichtigen ist, so dass unter wasserlimitierten Wachstumsbedingungen die symbiotische N_2-Fixierung die Ertragleistung der Leguminose begrenzt.

Tab. 1: Transpirationsrate und Transpirationskoeffizient am jüngsten Blatt im Feld bei Erbse und Ackerbohne am 05.07.2006 (N+ = gedüngt mit N, N- = ohne N-Düngung, Erfassungszeitraum: 11:00 bis 13:00 Uhr)

Pflanze/N-Düngung	Transpirationsrate mg H_2O je m^2 s^{-1}	Transpirationskoeffizient Liter H_2O je kg CO_2
Erbse N-	94,0	161
Erbse N+	75,8	143
Ackerbohne N-	52,3	180
Ackerbohne N+	48,2	178
Statistik		
Effekt N-Düngung	*P* = 0,2041	*P* = 0.5412
Effekt Pflanzenart	*P* = 0,0027	*P* = 0.0012
N-Düngung × Pflanzenart	*P* = 0,4096	*P* = 0.7703

Tab. 2: Gesamtwasserverbrauch im Feld im Jahr 2006 bei Erbse und Ackerbohne zur Bildung eines Kilogramms Trockenmasse (TM; N+ = gedüngt mit N, N- = ohne N-Düngung, Zeitraum Aussaat bis Ernte)

Pflanze/N-Düngung	Gesamtwasserverbrauch Liter H_2O je kg TM
Erbse N-	645
Erbse N+	542
Ackerbohne N-	728
Ackerbohne N+	652
Statistik	
Effekt N-Düngung	*P* = 0,0126
Effekt Pflanzenart	*P* = 0,0144
N-Düngung × Pflanzenart	nicht signifikant

Literatur

SCHMIDTKE, K. 2006: Effect of grain legumes on water-use efficiency in crop rotations. In: Grain legumes and the environment: how to assess benefits and impacts? European Association for grain legume research AEP (ed.), AEP, Paris, France, 61-66.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 306–307 (2007)

Einfluss der Sorte bei Erbse und Ackerbohne auf Ernterückstandsmenge, Mineralisation des Stickstoffs aus den Ernterückständen und den Vorfruchtwert zu Zuckerrübe

Knut Schmidtke, Holger Wand*, Elmar Dransfeld*,
Anna Vabitsch* & Rolf Rauber*

Einleitung

Der Züchtungsfortschritt manifestiert sich bei Körnerfrüchten in einem gestiegenen Ertrag an Korn bei gleichzeitigem Rückgang des Ertrages an Strohmasse. Ziel der hier dargestellten Labor- und Feldversuche war es zu prüfen, ob bei Körnererbse und Ackerbohne Unterschiede zwischen älteren und neuen Sorten in der Mineralisationsgeschwindigkeit der oberirdischen Ernterückstände zu verzeichnen sind und ob hiermit auch Wirkungen auf den N-Vorfruchtwert verknüpft sind.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden am Versuchsgut Reinshof der Universität Göttingen auf degradierter Schwarzerde aus Löß in den Jahren 1998 und 2000 (Anbau der Körnerleguminosen) bzw. 1999 und 2001 (Nachfrucht Zuckerrübe) durchgeführt. Geprüft wurden die Erbsensorten Grapis (normalbeblättert, buntblühend, Zulassung 1986) und Eiffel (halbblattlos, weißblühend, Zulassung 1994) sowie die Ackerbohnensorten Minica (Halbzwerg, großkörnig, Zulassung 1975) und Carola (Normalwuchstyp, kleinkörnig, Zulassung 1989). Zur physiologischen Reife der Pflanzen wurden die oberirdischen Ernterückstände in die Bestandteile Blatt, Hülsenwand und Sprossachse von Hand separiert, auf < 5 mm vermahlen, darin mittels Elementaranalyse der C- und N-Gehalt bestimmt und jeweils 10 mg N der pflanzlichen Biomasse mit 20 g Bodentrockenmasse aus 0 bis 25 cm Tiefe des Ackerschlages bei Feldkapazität und 20 °C bebrütet. Im Feld wurden die oberirdischen Ernterückstände (ER) in drei Stufen variiert: Ohne ER, 1 × ER sowie 2 × ER. Die Ernterückstände wurden erst im Spätherbst eingearbeitet (Pflug). Ende März des darauffolgenden Jahres wurde die Zuckerrübe als Nachfrucht gesät, nicht mit Stickstoff gedüngt und deren N-Aufnahme und Bereinigter Zuckerertrag erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die geprüften Sorten neueren Zulassungsdatums waren bei Erbse und Ackerbohne i.d.R. durch eine höhere Ertragsleistung, einen höheren N-Ernte-Index sowie ein weiteres C/N-Verhältnis in den oberirdischen Ernterückständen gekennzeichnet (Tab. 1). Während die Zugabe der Ernterückstände der neueren Erbsensorte Eiffel im Verlauf von 84 Tagen zu einer Netto-N-Immobilisation im Boden führte, war nach Zugabe des Materials der älteren Sorte Grapis stets eine Netto-N-Mineralisation zu verzeichnen (Abb. 1). In abgeschwächter Form traten Unterschiede auch zwischen den Ackerbohnensorten auf. Sortenbedingte Unterschiede der Vorfrucht waren anhand der N-Aufnahme der Zuckerrübe bei Erbse (Grapis > Eiffel), nicht jedoch bei Ackerbohne zu verzeichnen. Der Bereinigte Zuckerertrag der Nachfrucht Zuckerrübe

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachgebiet Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden
* Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

wurde weder von der Ernterückstandsmenge noch von der Körnerleguminosensorte signifikant beeinflusst.

Tab. 1: Kornertrag, TM- und N-Ernte-Index sowie C/N-Verhältnis in den oberirdischen Ernterückständen zweier Erbsen- und Ackerbohnensorten

Sorte/Jahr	Kornertrag [dt TM ha^{-1}]	TM-Ernte-Index [%]	N-Ernte-Index [%]	C/N-Verhältnis Blatt	Hülsenwand	Sprossachse
	Erbse					
Grapis/1998	33,1	46,2	63,0	18,1	27,5	29,5
Eiffel/1998	50,8 **	55,0 *	76,8 *	26,4 **	46,5 **	45,5 ***
Grapis/2000	48,1	52,7	69,8	20,0	46,3	45,5
Eiffel/2000	49,2 n.s.	54,4 $^{+}$	72,2 *	34,3 **	60,0 *	71,9 **
	Ackerbohne					
Minica/1998	52,6	42,1	66,4	14,7	27,5	77,5
Carola/1998	49,1 n.s.	40,7 n.s.	72,1 **	18,3 ***	37,9 ***	100,4 **
Minica/2000	38,7	39,7	57,3	14,3	25,4	52,2
Carola/2000	46,3 **	41,7 $^{+}$	64,6 $^{+}$	16,2 n.s.	29,5 *	72,1 n.s.

Innerhalb der Arten eines Jahres: n.s.: nicht signifikant; signifikant bei + α = 0,10, * α = 0,05, ** α = 0,01, *** α = 0,001

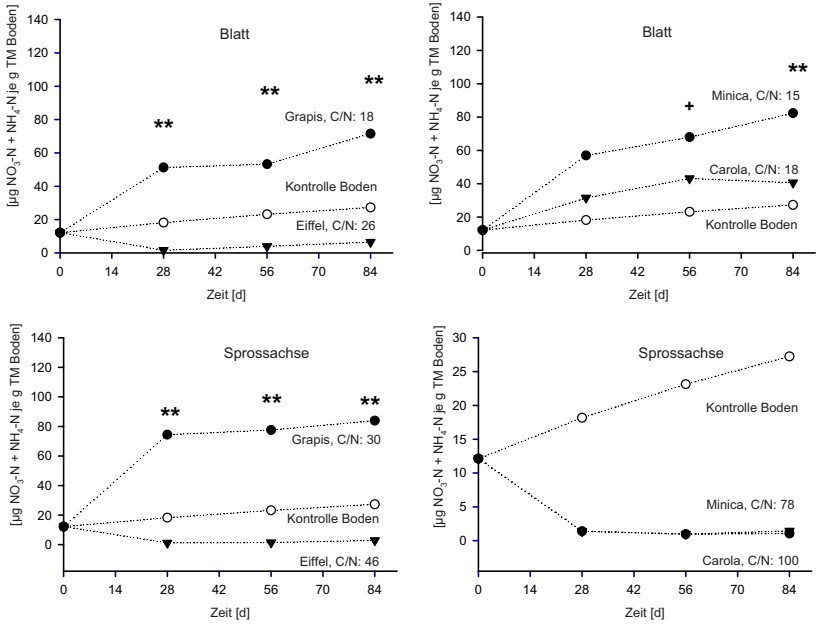


Abb. 1: N-Mineralisation/N-Immobilisation im Boden nach Zugabe von Ernterückständen aus dem Jahr 1998 zweier Erbsen- (links) und Ackerbohnensorten (rechts) im Bebrütungsversuch (statistische Angaben: siehe Tab. 1)

Autorenverzeichnis

Abele, A. 28
Al Methyeb, M. 66
Ali, S. 242
Almstedt, R. 244
Amon, T. 202
Andree, H. 208
Azizi, A. 246
Bachmann, S. 64
Bannert, M. 102
Batchelor, W. 230
Batchelor, W.-D. 224
Becker, K. 16
Behrens, T. 272
Biewer, S. 228
Bilau, A. 70
Binder, J. 90
Bischoff, J. 288
Bode, K. 52
Bodner, G. 100, 142
Böhm, H. 70, 298
Böhmel, C. 130
Boritzky, A. 180
Böse, S. 188
Böttcher, U. 92, 144, 170, 222, 268, 270
Bramm, A. 78
Brandau, J. 38
Brock, C. 290
Buhre, C. 112
Burkart, S. 80
Buttlar, C. von 198
Christen, O. 20, 22, 174, 176, 178, 180, 188, 190, 252, 254, 288, 294
Claupein, W. 10, 12, 28, 34, 40, 88, 90, 214, 216, 224, 230, 258, 274, 284, 302
Daedlow, D. 36
Dai, M. 90
Deike, S. 188, 294
Deumelandt, P. 190
Dicke, D. 218
Dieckmann, J. 138
Diepenbrock, W. 272
Dittert, K. 208
Dittmann, L. 36
Döll, H. 176
Dransfeld, E. 306
Dresow, J. 62
Dressler, H. von 276
Eberle, M. 30
Eichler-Löbermann, B. 24, 62, 64, 66
Eickler, B. 156
Einhorn, G. 38
Eisenreich, F. 304
Ellmer, F. 52, 140, 204, 206
Farzaneh, M. 72
Felde, A. von 114
Fiehn, O. 262
Förster, K. 26
Freyer, B. 202
Fricke, T. 220, 226, 228
Friedel, J. K. 84, 202
Friedrichs, E. 44
Fuchs, J. 54
Gamnitzer, U. 166
Gaudchau, M. 196
Gericke, D. 280, 282
Ghasemnezhad, A. 236
Gierus, M. 152, 154, 156, 158, 160
Gimplinger, D. M. 118
Graeff, S. 10, 12, 28, 90, 214, 216, 224, 230, 232, 258, 274
Grebe, S. 58
Greef, J. M. 162, 200
Grohmann, P. 186
Gröll, K. 214, 216
Gruber, S. 34, 40
Gutjahr, C. 232
Hahn, H. 262
Hartung, E. 208
Häussler, R. 42
Helbig, S. 286
Henke, J. 122
Herbst, R. 248
Hermann, W. 12, 28, 302
Herndl, M. 258
Herrmann, A. .158, 160, 162, 208, 210, 212
Heuer, H. 138
Heuser, F. 198
Hey, M. 20
Himstedt, M. 226

Hoffmann, C. 106
Hoffmann-Bahnsen, R. 186
Hof-Kautz, C. 68
Hofmann, B. 20, 22, 174, 176, 180, 254, 288
Honermeier, B. ..8, 196, 236, 240, 242, 246
Höppner, F. 162
Hoyer, U. 292
Hrbek, R. 202
Hübner, W. 140
Hufnagel, J. 200
Hülsbergen, K.-J. 146, 286, 292
Hund, A. 96
Isselstein, J. 148, 168, 266
Jacobi, J. 218
Jäger, A. 252
Johnen, T. 170, 222
Jost, B. 74
Jung, R. 76
Kage, H. 92, 110, 144, 170, 208, 210, 212, 222, 268, 270, 280, 282
Kaimbacher, B. 100
Kaul, H.-P. 72, 142, 278
Kayser, M. 14
Kelm, M. 250
Kenter, C. 106
Kesting, S. 148
Kielhorn, A. 234, 276
Kluth, C. 112
Knobloch, M. 176
Koch, H.-J. 56, 138, 172
Kocsis, L. 278
Kohl, M. 92
Köhler, A. 22
Köhnke, S. 164
Koller, W.-D. 12
Köppen, D. 24, 32
Kowalski, B. 24, 32
Krause, U. 172
Kruse, S. 162
Küchenmeister, F. 168
Kuhn, K. 26
Küstermann, B. 146, 188
Lammer, C. 292
Langensiepen, M. 248
Lankes, C. 50
Laser, H. 150, 164
Lattanzi, F. A. 86, 260
Lehmeier, C. 86, 260
Leithold, G. 16, 182, 290
Liebenau, S. 44
Liebhard, P. 60, 100, 184, 278
Liedgens, M. 94, 96, 98
Limbrunner, B. 300
Link, J. 88, 216, 224, 230, 232
Link, W. 194
Liu, M. 90
Loges, R. 18, 30, 42, 250, 256, 264
Loiskandl, W. 84, 142
Look, B. 20, 22
Löppert, R. 278
Lösche, M. 158, 160
Loth, K. 252
Luker, M. 14
Maidl, F.-X. 300
Manderscheid, R. 78, 80, 82
Märländer, B. 54
Mattern, T. 150
Mehrtens, H. 210, 212
Meinke, H. 6
Menke, C. 192
Merkt, N. 12
Meyer-Schatz, F. 222, 268, 270
Mitchell, P. 248
Moitzi, G. 184
Mol, F. de 36
Müller, Johannes. 272
Müller, Jürgen 14
Müller, K. 152, 270
Muskolus, A. 126
Nannen, D. U. 134
Neuhoff, D. 104
Neumann, H. 256
Neumann, T. 200
Nozinski, E. 82
Ostbomk, A.-L. 104
Pacholski, A. 208, 280, 282
Pacyna, S. 56
Pa-In, N. 96
Pallutt, B. 188, 294
Papaja, S. 292
Peißker, C. 174
Pentschew, H.-S. 174
Perbandt, D. 220
Peter, R. 94, 98
Pietsch, G. 84
Pietzsch, K. 238

Pötsch, E. M. 156
Praznik, W. 278
Pude, R.....50, 238, 244
Rath, J. 162
Rauber, R. 44, 68, 74, 76, 192, 194, 306
Ravi, V. 88
Reents, H.-J.....292
Refenner, K. 60
Reineke, H.....296
Resch, R.....156
Rinnofner, T.....84
Rücknagel, J.....176, 178
Rücknagel, S. 178
Ruppel, S.....66
Salama, H.....158, 160
Sander, G. 172
Schäfer, J. 224
Schäfer, T. 8
Schäufele, R. 86, 166, 260
Schellberg, J.....148, 266
Schenk, R. 52
Schiborra, A.....152, 154
Schiemenz, K. 62
Schittenhelm, S. 200
Schlinker, G.....172
Schmidt, R.....10
Schmidtke, K. 44, 68, 74, 304, 306
Schnyder, H.....86, 166, 260
Schönbach, P. 152
Schrader, F.....194
Schulz, F.....182
Schumann, H.....116
Scott, B.....262
Sensel, K. 204
Siebert, L. 254
Sieling, K. 110, 208, 210, 212
Stamp, P.....94, 96, 98, 102
Stamp,. 108
Steininger, M. 252
Stieberitz, M.....22
Stillger, V. 276
Stockfisch, N.....54, 296
Stockmann, F..... 10
Stolzenburg, K. 46, 48
Stracke, F. 276
Strauss-Sieberth, A..... 84
Streißelberger, J. 60
Stülpnagel, R. 58, 198
Svoboda, N. 210, 212
Szalay, T..... 184
Tatah, E. 196
Taube, F. ...30, 42, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 208, 210, 212, 250, 256, 264
Thumm, U. 284
Tischer, S. 180
Tonn, B. 284
Trautz, D.....234, 276
Ulbrich, A. 238, 244
Uphaus, M. 216
Vabitsch, A. 306
Varrelmann, M. 112
Vogler, A. 102
Vos, J..... 6
Wachendorf, M. 58, 198, 220, 226, 228
Wagentristl, H. 60, 184
Wagner, B. 252
Wand, H. 306
Wang, P. 90
Weber, A.....10, 12, 302
Wedell, K. N. 32
Weider, C. 108
Weigel, H.-J. 78, 80, 82
Weinbrenner, G. 236
Weingartmann H. 184
Westphal, D. 18, 264
White, J..... 258
Wichmann, S. 72
Wienforth, B. 210, 212
Wild, M.....86, 260
Wrage, N. 148, 168
Wragge, V. 206
Yan, F. 240
Yin, X. 6
Zillmann, E. 230