

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 22**

„Koexistenz Grüne Gentechnik“

Beiträge in ausschließlicher, wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren
--

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Präsident: Prof. Dr. O. Christen
Geschäftsführer: Prof. Dr. B. Märländer

Geschäftsstelle:
Institut für Zuckerrübenforschung
Holtenser Landstr. 77
37079 Göttingen
Tel.: +49 551 505 62-0, Fax.: +49 551 505 62-99
E-mail: maerlaender@ifz-goettingen.de

53. Jahrestagung
vom 28. bis 30. September 2010
in Hohenheim

Koexistenz Grüne Gentechnik

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber

B. Märländer, O. Christen, S. v. Tiedemann, C. Kenter, A. Düker
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Verlag Liddy Halm
Göttingen 2010

Wir danken für die finanzielle Unterstützung:

Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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.

ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: Verlag Liddy Halm, Backhausstr. 9b, 37081 Göttingen

Inhaltsverzeichnis

Plenarvorträge: „Koexistenz Grüne Gentechnik“

BUHK H.-J.: Koexistenz Grüne Gentechnik, Rechtlicher Rahmen	1
SPILLER A.: Koexistenz Grüne Gentechnik aus ökonomischer Sicht.....	7
RÜHL G., M. LANGHOF: Koexistenz Grüne Gentechnik: Pflanzenbauliche Konsequenzen	13
TAPPESEER B., F. GRIMM, T. MEISE, M. OTTO, W. REICHENBECHER, H. TEICHMANN, B. WINKEL: Koexistenz aus ökologischer Perspektive.....	19

Plenarvorträge: „Pflanzenbau der Zukunft“

HAUCK J.: Pflanzenbau der Zukunft*	
CHRISTEN T.: Pflanzenbau der Zukunft.....	25

Vorträge im Wettbewerb „Ernst-Klapp-Zukunftspreis“

ALI S.: Herbicides affect yield, physiology and polyphenols in artichoke leaves (<i>Cynara cardunculus</i> L.)	27
BANGEMANN L.-W.: Pathogen-Nährstoff-Interaktionen in der Kartoffel: Am Beispiel der Kraut- und Knollenfäule und der Stickstoffversorgung im ökologischen Anbau.....	31
HINCK S.: Beprobungsarme Standortkartierung als Erfolgsfaktor für Precision Farming und eine zukunftsorientierte Pflanzenproduktion.....	35
SALAMA H. S. A.: Process-oriented evaluation of yield performance and nutritive value of perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.) genotypes.....	39
TONN B.: Thermische Nutzung von artenreichem Grünland: Prognose und Optimierung der Brennstoffqualität.....	43

Workshop: „GVO-Sorten im System“

STENSKE T.-A.: Anbau von Amflora in Europa – Voraussetzungen und Erfahrungen.....	47
STAMP P., B. MICHAEL, M. MUNSCH, A. VOGLER, C. WEIDER: Short- and long- distance pollenflow and biocontainment in maize.....	49
DIETIKER D., M. WESTGATE, P. STAMP: Seed purity in maize as one of the keys to define appropriate limits for coexistence	51
WEBER E.A., S. GRUBER, F. STOCKMANN, K. FRICK, W. CLAUPEIN: Durchwuchspotenzial von Ausfallraps in Abhängigkeit von der Rapssorte und der Nachfrucht.....	53
HÜSKEN A.: Biologisches Confinement – eine sinnvolle Strategie zur Begrenzung der Pollenausbreitung transgener Pflanzen?	55

Workshop: „Bewertung von Bioenergieproduktionsverfahren“

GRASIN K., P. DEUMELANDT, B. WAGNER, O. CHRISTEN: Humus-, Stickstoff- und Energiebilanzen in Zuckerrübenanbausystemen unter Berücksichtigung klimarelevanter Gesichtspunkte	57
SELING K., H. KAGE: Treibhausgasbilanzen im Winterrapsanbau	59

WRAGGE V., K. SENSEL, K. NIELSEN: Kohlenstoffdynamik in Gärprodukten aus Biogasanlagen der Nass- und Trockenfermentation	61
Haid S., E. LUDGER: Ökonomische Bewertung verschiedener Prozessketten zur Bereitstellung von Kurzumtriebsplantagen (KUP)-Holz	63
RICHTER F., M. WACHENDORF: Ein Vergleich verschiedener Konversionsverfahren für die energetische Nutzung von Extensivgrünland	65

Parallelsektion: „Produktionsökologie“

GRAEFF-HÖNNINGER S., W. HERMANN, A. ABELE, W. CLAUPEIN: Minimierung der Mykotoxinbelastung in Getreide und Mais durch einen beschleunigten Abbau der Erntereste mittels Weißfäulepilzen	67
KRIEGER J., F. ELLMER, M. BAUMECKER, H. VOGEL: Ökovariabilität von Zuckerrüben auf sandigen Standorten	69
REINEKE H., N. STOCKFISCH, B. MÄRLÄNDER: Erfolgsfaktoren der Energieeffizienz im Zuckerrübenanbau	71
HERNDL M., E.M. PÖTSCH, J.W. WHITE, B. KIMBALL, H.P. PIEPHO, M. KANDOLF, A. BOHNER, A. SCHAUMBERGER, R. RESCH, W. GRAISS, B. KRAUTZER, K. BUCHGRABER: “Lysi-T-FACE” – ein technisches Versuchskonzept zur Simulation der Erderwärmung im Grünland	73
BERMEJO G., M. THEIß, F. ELLMER: Einfluss der Düngung mit Gärprodukten aus der Biogaserzeugung auf Wachstum, Entwicklung und Ertrag von <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>sudanense</i>	75

Parallelsektion: „Bodenbearbeitung“

HERMANN W., W. CLAUPEIN: Streifenlockerung bei Zuckerrüben – ein innovatives Anbauverfahren	77
STIEBER J., K. SCHMIDTKE: Einfluss der Bodenbearbeitung und einer Untersaat mit Erdklee auf die Ertragsbildung der Erbse	79
SCHMIDTKE K., B. WUNDERLICH, G. LUX, M. HÄNSEL: Eignung nichtlegumer Zwischenfrüchte im ökologischen Landbau für den Anbau von Körnerleguminosen in Mulch- und Direktsaat	81
MASSUCATI LUIZ F.P., U. PERKONS, U. KÖPKE: Unkrautregulierung durch Mulchmanagement in Direktsaatverfahren von Ackerbohnen (<i>Vicia faba</i> L.) im Ökologischen Landbau	83
TRÜMPER G., A. KLIK, P. LIEBHARD: Einfluss des Standortes, der Bodenbearbeitung und der Fruchtart auf die bodenbürtigen CO ₂ -Emissionen	85

Parallelsektion: „Nährstoffmanagement“

PAHLMANN I., U. BÖTTCHER, H. KAGE: Entwicklung eines teilflächenspezifischen N-Düngealgorithmus auf Basis der N-Aufnahme von Winterrapsbeständen im Herbst	87
STRENNER M., F.X. MAIDL: Vergleich verschiedener Vegetationsindizes und ihre Eignung zur Bestimmung der N-Aufnahme in Winterweizen für die teilschlagbezogene Düngung	89
STUMM C., U. KÖPKE: Winterraps (<i>Brassica napus</i> L.) im Ökologischen Landbau – Anbau und Düngung	91

LUX G., K. SCHMIDTKE: Kurzfristige Wirkungen organischer Düngemittel mit unterschiedlichem C:N-Verhältnis auf Ertrag und N ₂ -Fixierleistung von Rotklee und Ackerbohne	93
--	----

Parallelsektion: „Ertragsphysiologie“

WULKOW A., C. HOFFMANN: Ertrag und Qualität geköpfter und entblätterter Zuckerrüben	95
WEIHER N., M. KRAWUTSCHKE, M. GIERUS, F. TAUBE: Spezifische Polyphenoloxidase-Aktivität von Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp und Nutzung – Einfluss auf die Proteinqualität	97
KRAWUTSCHKE M., N. WEIHER, M. GIERUS, F. TAUBE: Zur Veränderung der Proteinqualität im Zuwachsverlauf von Rotklee unter Einbeziehung der spezifischen Polyphenoloxidase-Aktivität	99
LIND P., U. KÖPKE: Strategien optimierter Lichtinterzeption in Klee grasbeständen .	101
LINK-DOLEZAL J., P. REIDELSTÜRZ, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von multispektralen Reflexionseigenschaften mittels UAV	103

Parallelsektion: „Bioenergie und Qualitätsaspekte“

BISKUPEK-KORELL B., G. PFEIFFER: NIR-spektroskopische Untersuchung von Rapsöl und Rapssaat zur Qualitätssicherung bei der Biokraftstoffproduktion	105
HÖPPNER F.: Biogasbildung und Abbauverhalten von pflanzlicher Biomasse und Inhaltsstoffen während eines Gäransatzes mit Maissilage	107
GAUDCHAU M., B. HONERMEIER: Evaluierung eines Sortimentes von Sorghum (<i>S. bicolor</i> , <i>S. sudanense</i>) zur Biogasgewinnung	109
LESCHHORN B., B. HONERMEIER: Biogasproduktion von ausgewählten Nutzpflanzen der <i>Brassicaceae</i>	111
RAMPEREZ M., C. FUHS, M. MÜLLER, R. PUDE: Designerbrennstoffe auf Basis von halmgut- und holzartigen Biomassen	113

Parallelsektion: „Modellierung“

KRÜGER J.: Modellierung von Pflanzendynamik mit dem Pflanzenmodul SIWAPFLAN im Modell CANDY	115
STEPHAN H., C. HOFFMANN, H. KAGE: Vergleich zweier Simulationsmodelle für Zuckerrüben	117
UPTMOOR R., J. LI, H. STÜTZEL: Modelling environmental effects on phenology and canopy development by using QTL and gene effects as model input parameters	119
FEIKE T., S. MUNZ, Q. CHEN, J. PFENNING, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Adapting CROPGRO to simulate Chinese cabbage	121

Poster Gruppe 1: „Gentechnik, Züchtung und Pflanzenschutz“

BÜCKMANN H., C. KOBBE, A. HÜSKEN: Reduzierung der Pollenverbreitung durch Anbau von cytoplasmatisch männlich sterilem (CMS) Mais	123
DOWIDEIT K., A. HÜSKEN: Eignet sich kleistogamer Raps als biologische Confinement-Strategie zur Reduktion der Auskreuzung über den Pollen?	125

IV

GILBERT K., H.K. PARZIES: Co-existence of genetically modified crops (GMO) and conventional and organic Maize in Mexico	127
DUENSING R., S. OTIENO, R. UPTMOOR, H. STÜTZEL: Differences in leaf angles of sorghum genotypes	129
JACOB I., S. HARTMANN, F.X. SCHUBIGER, C. STRUCK: Resistenz der in Deutschland zugelassenen Rotkleesorten gegen den Erreger des Südlichen Stängelbrenners (<i>Colletotrichum trifolii</i>)	131
URBATZKA P., T. HAASE, R. GRAß, C. SCHÜLER, J. HEß: Vergleich der Pilzanfälligkeit verschiedener Genotypen von Wintererbsen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus	133
HAASE T., J. HESS: Acker- und pflanzenbauliche Strategien zur Regulierung der Ackerkratzdistel (<i>Cirsium arvense</i>)	135
KURASCH R., K. NERLICH, F. SEIDL, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Prüfung verschiedener Unkrautregulierungsmaßnahmen bei Kurzumtriebshölzern in der Phase der Bestandesetablierung	137
HENNINGER J., K. HARTUNG, J. PROCHNOW, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Wirksamkeit ausgewählter Fungizidkombinationen auf den Krankheitsbefall, den Ertrag und die Qualitätsparameter in Winterweizen	139
IJAZ M., B. HONERMEIER: Effect of different fungicides and growth regulators on seed yield and grain quality of rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	141
ULLAH H., B. HONERMEIER: Effect of different fungicides on fungal infection, seed yield and quality of anise (<i>Pimpinella anisum</i> L.)	143

Poster Gruppe 2: „Bioenergie“

LIEBHARD P., C. KNUST, K. REFENNER, H. WAGENTRISTL, F. DEIM: Rechtliche und agronomische Aspekte bei der Auswahl von Pflanzgut, im Speziellen von einjährigen bewurzelten Pappelschösslingen zur Holzproduktion im Kurzumtrieb in Österreich	145
SCHALK J., G. REISINGER, R. PUDE, J. MÜLLER: Projektentwicklung: Solare Trocknung von Biomasse aus	147
SCHMITT A.-K., S. TISCHER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Lumbricidenvorkommen unter schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb auf einer Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet	149
SCHMITT A.-K., S. TISCHER, B. HOFMANN, O. CHRISTEN: Zur Langzeitwirkung des Anbaus von Energieholz im Kurzumtrieb auf ausgewählte physikalische und biologische Bodeneigenschaften	151
GAUDER M., S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Ertragsvergleich mehrjähriger Bioenergiepflanzen bei unterschiedlichem Stickstoffangebot in einem Feldversuch	153
WÜNSCH K., S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Standortangepasster Anbau von Sorghum als Energiepflanze	155
MAHMOOD A., B. HONERMEIER: Effect of row spacing and cultivars on biomass yield and chemical composition of <i>Sorghum bicolor</i> L.	157
QUAKERNACK R., A. TECHOW, A. HERRMANN, A. PACHOLSKI, F. TAUBE, H. KAGE: Leistungsfähigkeit verschiedener Biogas-Anbausysteme unter mineralischer und Gärrestdüngung in der Marsch Schleswig-Holsteins	159

KRUSE F., A. WOLLE, R. RAUBER: Winterzwischenfrüchte und Mais zur Methanerzeugung	161
TECHOW A., K. DITTERT, M. SENBAYRAM, R. QUAKERNAK, A. PACHOLSKI, H. KAGE, F. TAUBE, A. HERRMANN: N ₂ O-Emission aus Biogasproduktionssystemen auf einem Marschstandort Norddeutschlands	163
STARKE P., C. HOFFMANN: Einfluss der Trockenmassebildung auf den Gasertrag ..	165
GAUDER M., S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Einfluss von Pflanzenextrakten mehrjähriger Energiepflanzen auf die Keimfähigkeit verschiedener Ackerkulturen	167

Poster Gruppe 3: „Anbauverfahren“

FUCHS C., J. SAYER, F. ELLMER, G. BARTHELMES: Sekundärauswertung von Landessortenversuchen in Brandenburg mit Blick auf klimatische Effekte.....	169
SCHNEIDER T., W. HERMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Vergleichende ökonomische Betrachtung verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen einschließlich MEKA bei Getreide und Winterraps	171
KOCH H.-J., A. MUSKOLUS: Ertrag und Ertragsstruktur von Winterweizen nach den Vorfrüchten Silomais, Zuckerrüben, Winterraps und Winterweizen.....	173
HÄFNER M., E.A. WEBER, F. STOCKMANN, W. CLAUPEIN: Alternative Anbauverfahren bei Weizen – Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Ertrag.....	175
STOCKMANN F., B. GÖKELER, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Einfluss von Reihenabstand auf die Acrylamidbildungökologisch produzierter Winterweizen	177
JUNG R., R. RAUBER: Anbau von Ackerbohnen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus bei differenzierter Bodenbearbeitung – Ergebnisse zur symbiotischen Stickstoff-Fixierung	179
URBATZKA P., T. HAASE, R. GRAß, C. SCHÜLER, J. HEß: Zur Eignung verschiedener Sommererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat mit Getreide für den Ökologischen Landbau.....	181
GRONLE A., H. BÖHM: Anbau von Wintererbsen in Rein- und Mischsaat mit Raps und Triticale bei kurzfristig variiertem Intensität der Bodenbearbeitung	183
WANG L., S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Evaluation of lentil-based mixed cropping systems with different companion crops and plant densities in organic farming.	185
KAUL H.-P., T. AMON, A.D.M. NASSAB: Performance of maize-sunflower intercrops in different environments	187
MUNZ S., T. FEIKE, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Interspecific interactions in strip intercropping of maize and Chinese cabbage.....	189
FEIKE T., A. MÜLLER, Q. CHEN, J. PFENNING, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Testing different irrigation strategies in Chinese cabbage/maize intercropping..	191
FEIKE T., K. NERLICH, J. PFENNING, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Non-destructive determination of leaf area in Chinese cabbage.....	193
REINSDORF E., H.-J. KOCH: Effects of crop management on yield and winter hardiness of bolting winter beets cultivated for anaerobic digestion.....	195

Poster Gruppe 4: „Bodenbearbeitung und Bodeneigenschaften“

RÜHLEMANN L., K. SCHMIDTKE: Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Überwinterung von Winterkörnerleguminosen.....	197
---	-----

RÜCKNAGEL J., S. RÜCKNAGEL, O. CHRISTEN: Einfluss des Befahrens von oberflächennah gefrorenen Böden auf die Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften.....	199
MÜLLER P., O. CHRISTEN, B. HOFMANN, M. BÜCHNER: Wirkung von Mulchgrubber-Bearbeitungskombinationen auf ackerpflanzenbauliche Parameter und den Zugkraftbedarf.....	201
HINCK S., A. KIELHORN, A. MICHEL, H.-W. OLFS: Teilflächenspezifische Bodenprobenentnahme anhand des Klassenzeichens der Bodenschätzung (Anwendungsbeispiel).....	203
ELSTE B., J. RÜCKNAGEL, O. CHRISTEN: Wirkung von Biogasgärrückständen auf ausgewählte Bodenparameter am Standort Pfahlheim	205
BODNER G., K. MEIER, M. HIMMELBAUER, W. LOISKANDL, H.-P. KAUL: Agroökologische Bedeutung von Zwischenfrucht-Wurzeigenschaften für den Bodenwasser- und Humushaushalt.....	207
BANHARDT A., S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Reduzierung von Unkrautsamen durch Fraß bei unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung.....	209
BERMEJO G., S. KRÜCK, F. ELLMER: Einfluss von Gärprodukten aus der Biogaserzeugung auf die Regenwurmpopulationen eines sandigen Standortes	211
RADEMACHER A., J. RÜCKNAGEL, B. WAGNER, O. CHRISTEN: Auswirkungen von Kieselgurbeimengungen zu einem schwach schluffigen Sand auf Wasserhaushaltsgrößen, die gesättigte Wasserleitfähigkeit und den pH-Wert..	213
SZALAY T.A., G. MOITZI, H. WAGENTRISTL, P. LIEBHARD: Energieeffizienz bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen in einer Fruchtfolge im pannonischen Produktionsgebiet	215

Poster Gruppe 5: „Nährstoffdynamik“

EHMANN A., S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Vergleich verschiedener Stickstoffdünger in ihrer Auswirkung auf Ertrag und N-Versorgung bei Silomais	217
LANDGRAF A., K. SCHMIDTKE: Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die N-Rhizodeposition von Leguminosen.....	219
GRIEB B., K. BECKER: Stickstoffdynamik unter Winterraps nach Kleegrasumbruch im Vergleich zur Nachfrucht Winterweizen im ökologischen Landbau	221
DRESOW J.F., H. BÖHM: Vergleichende Bewertung der N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau mittels Blatt- und Stängelsaftanalyse.....	223
GREMMES H., D. TRAUTZ, S. HINCK: Entscheidungshilfe für eine ökonomische und ökologische Düngung mit Hilfe des autonomen Feldroboters „BoniRob“	225
PRIDZUHN N., F. STOCKMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Precursoren von Acrylamid	227
PRIDZUHN N., F. STOCKMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Einfluss der Stickstoffdüngung im Ökolandbau auf Precursoren von Acrylamid	229
ZECHA C., J. LINK-DOLEZAL, W. CLAUPEIN: Selbstfahrende Sensorplattform zur simultanen Erfassung multipler, pflanzenbaulicher Merkmale in Feldversuchen	231
DAMM S., B. HOFMANN, A. GRANSEE, O. CHRISTEN: Einfluss langjährig unterschiedlicher Kaliumdüngung auf Wurzelentwicklung, Wassernutzungseffizienz und ausgewählte Ertragsparameter bei Zuckerrüben auf Schwarzerde	233

GRAEFF-HÖNNINGER S., J. SCHÖNHERR, L. ROSENGRÜN, W. CLAUPEIN: Einsatz von Buchenholzkoks auf landwirtschaftlichen Flächen	235
GAJIĆ A., H.-J. KOCH: Effect of HTC-biochar on crop growth.....	237
BROCK C., G. LEITHOLD: Differenzierte Bewertung von Humusproduktion und Humusdynamik in Ackerbausystemen	239
PACHOLSKI A., J. SIEMENS, K. HEIDUK, R. MANDERSCHIED, H.-J. WEIGEL, H. KAGE: Austrag von gelösten Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen aus einem Ackerstandort unter erhöhten atmosphärischen CO ₂ -Konzentrationen (FACE) .	241

Poster Gruppe 6: „Physiologie“

NEUKAM D., U. BÖTTCHER, H. KAGE: Zum Zusammenhang von Blattwasserpotential und stomatärer Leitfähigkeit bei Winterweizen	243
KRIEGER J., B. KROSCHESKI, V. BEUTHNER, F. ELLMER: Ermittlung des Blattflächenindex bei Zuckerrüben	245
WULKOW A., C. HOFFMANN: Lagerfähigkeit entblätterter und geköpfter Zuckerrüben	247
LOEL J., C. HOFFMANN: Winterrüben – Einfluss von Standorteffekten auf die Winterhärte verschiedener Zuckerrübenhybriden.....	249
STOCKMANN F., K. FRICK, A. WEBER, S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Sekundäre Dormanz bei Raps (<i>Brassica napus</i>) – Einfluss des Standortes	251
NEUGSCHWANDTNER R.W., D.M. GIMPLINGER, S. WICHMANN, H.-P. KAUL: Ertragsbildung und Stickstoffaufnahme von Kichererbse (<i>Cicer arietinum</i> L.) und Körnererbse (<i>Pisum sativum</i> L.) unter pannonischen Anbaubedingungen..	253
HAASE T., H. SCHULZ, E. KÖLSCH, J. HESS: Stickstoffaufnahme und Nutzung von Kartoffeln und ihre Bedeutung für die Eignung von Sorten im Ökologischen Landbau	255
MAST B., F. STOCKMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Acrylamid – Einfluss des Produktionssystems bei Getreide.....	257
MAST B., F. STOCKMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Acrylamid – Einfluss des Standortes bei ökologisch	259
PRIDZUHN N., F. STOCKMANN, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Einfluss verschiedener Schwefeldünger auf Vorstufengehalte von Acrylamid.....	261
FIEDLER K., A. ZACHARIAS, H. STÜTZEL R. UPTMOOR: Kühletoleranz während des Auflaufs und der Jugendentwicklung bei Sorghum.....	263
BRANDT C., B. EICHLER-LÖBERMANN: Untersuchungen zur Phosphor-Ausnutzung von Pflanzen unter Trockenstressbedingungen – Ein Beitrag zur Entwicklung von Anbausystemen für ertragsschwache Standorte	265
SCHITTENHELM S., S. SCHROETTER, T. NEUMANN: Vergleich der Trockentoleranz von Sorghumhirsen und Mais.....	267
YAN F., S. JANKE, B. HONERMEIER: Untersuchungen zur antioxidativen Wirkung von Oregano (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	269

Poster Gruppe 7: „Grünland und Biodiversität“

TOBI D., A. HERRMANN, M. GIERUS, F. TAUBE: Einfluss von Reifegruppe und Schnitthäufigkeit auf die Futterqualität von Deutschem Weidelgras (<i>Lolium perenne</i> L.)	271
---	-----

VIII

LANGE G., H. BÖHM, C. BERENDONK: Etablierung ausgewählter Arten zur Nachsaat in ökologisch bewirtschafteten Grünlandbeständen in Abhängigkeit von Nachsaattechnik und Standort	273
BÜHLE L., I. DONNISON, K. HEINSOO, K.-H. SÜDEKUM, M. WACHENDORF: PROGRASS – Erhalt von Naturschutzgrünland durch eine dezentrale energetische Verwertung	275
BÜHLE L., B. BAUER, M. WACHENDORF: Einfluss von Cellulasen und Hemicellulasen als Silierzusatzstoffe für Biomassen von Extensivgrünland auf Stickstoffdynamik und Biogasproduktion im IFBB-Verfahren und Ganzpflanzenvergärung	277
RICHTER F., T. FRICKE, M. WACHENDORF: Energieproduktion aus Grünlandpresssäften im IFBB-Verfahren in Abhängigkeit von Schnittzeitpunkt und hydrothermalen Konditionierung	279
HARNDORF J., T. FRICKE, W.W. WEISSER, A. WEIGELT, M. WACHENDORF: Einfluss der Artenzahl und des Vorkommens von Leguminosen auf Brennwert und Energieertrag extensiver Grünlandflächen	281
ELSTE B., S. TISCHER, O. CHRISTEN: Wirkung von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden	283
NERLICH K., F. SEIDL, S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Arten- und Sortenvergleich von Kurzumtriebshölzern in Bezug auf Flora und Fauna an drei Standorten in Baden-Württemberg	285

Poster Gruppe 8: „Modellierung und Sonderkulturen“

MÜLLER-SÄMANN K., T. HÖLSCHER, S. SCHREMPP, P. HOFFMANN, M. SELZ, C. SCHULZE, E. PRIESACK: Entwicklung eines internetbasierten, GIS-gestützten Auskunftssystems zur schlaggenauen Modellierung der Nmin- Gehalte und des Stickstoffhaushalts bei Mais anhand von Referenzflächen	287
ZUTZ K., A. FRICKE, H. STÜTZEL: How to include plant variability into harvest prediction for broccoli?	289
YASER H., H. STÜTZEL: Modelling bolting of sugar beet	291
THÖLE H., A. DIETZ-PFEILSTETTER: Modellansätze zur Prognose von Durchwuchsrapen	292
MÜLLER M., H. EIBNER, B. WAGNER, E. PEITER, O. CHRISTEN: Umwelt- und Klimawirkungen des „Ewigen Roggen“ – Ergebnisse aus der Systemanalyse REPRO	293
GRAB R., F. RICHTER, B. THIES, M. WACHENDORF: Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel am Beispiel des Energiepflanzenanbaus im Einzugs- und Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern – KLIMZUG Nordhessen	295
ROST J.Y., T. KAUTZ, U. KÖPKE: Qualität und Sortenwahl bei Artischocken im Organischen Landbau	297
BISKUPPEK-KORELL B., H. FISCHER, C. KNAPWOST, C. SCHNEIDER	299
WÜNSCH K., S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Topinamburanbau und der Durchwuchs in nachfolgenden Kulturen	301
STOCKMANN F., S. GRAEFF-HÖNNINGER, W. CLAUPEIN: Ertragspotenzial von Amaranth unter den klimatischen Bedingungen Baden-Württembergs	303

IX

BRENDEL K., F. STOCKMANN, S. ZIKELI, S. GRUBER, W. CLAUPEIN: Arznei- und Gewürzpflanzen im Ökologischen Landbau – Status quo und Entwicklungspotenziale für Baden-Württemberg.....	305
LIPSIUS A., R. SCHENK: Variabilität von Inhaltsstoffgehalten bei <i>Cimicifuga racemosa</i>	307

* Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Koexistenz Grüne Gentechnik: Rechtlicher Rahmen

Hans-Jörg Buhk

Einleitung

Der rechtliche Rahmen zur Gentechnik und damit auch zur Koexistenz des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen und anderen Anbauformen in der Landwirtschaft (konventioneller Pflanzenbau, biologischer Pflanzenbau) hat seinen Ursprung letztlich in der sog. Asilomar-Konferenz 1975 in Kalifornien und den in Folge erstellten Richtlinien der US National Institutes of Health zur in-vitro-Neukombination von Nukleinsäuren. Diese Richtlinien sahen damals – wie heute noch das deutsche Gentechnikgesetz mit seinen Verordnungen – biologische und technische Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung von gentechnisch veränderten Organismen in geschlossenen Systemen vor. Schutzziel hierbei ist die Sicherheit für die menschliche Gesundheit und Sicherheit für die Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge. Auch die Wahrung der Koexistenz von Grüner Gentechnik mit anderen Anbauformen im Pflanzenbau ist ein gesetzliches Schutzziel. Maßnahmen können beispielsweise Isolationsabstände und biologische Maßnahmen sein, die eine unkontrollierte Ausbreitung von gentechnisch veränderten Pflanzen begrenzen oder verhindern sollen. Hierbei ist das Ziel jedoch nicht der Schutz vor möglicher Gefährdung – dies sind bereits abgeklärt und eine Genehmigung zum Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Pflanzen wird nur erteilt, wenn keine Gefährdung für die o. g. Schutzziele zu erwarten ist, sondern die Sicherstellung der Koexistenz.

Rechtlicher Rahmen

Die heute geltenden rechtlichen Grundlagen für die Koexistenz bilden das EU-Gentechnikrecht. In der ursprünglichen Fassung der 2001 in Kraft getretenen Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG war Koexistenz nicht adressiert. Mit Artikel 43 Nr. 2 der Verordnung (EG) 2003/1829 zu gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln wurde Artikel 26a im Jahr 2003 in die Freisetzungsrichtlinie eingeführt. Im Gentechnikgesetz (GenTG) wurde die Koexistenzregelung durch § 16b in nationales Recht umgesetzt, das geschah mit dem sog. GenTG-Neuordnungsgesetz vom 21. Dezember 2004. Auch wurde das Nebeneinander der verschiedenen Anbauformen ausdrücklich als Schutzzweck in das GenTG aufgenommen, § 1 Nr. 2 GenTG.

Artikel 26a

Maßnahmen zur Verhinderung des unbeabsichtigten Vorhandenseins von GVO

(1) Die Mitgliedstaaten können die geeigneten Maßnahmen ergreifen, um das unbeabsichtigte Vorhandensein von GVO in anderen Produkten zu verhindern.

(2) Die Kommission sammelt und koordiniert Informationen auf der Grundlage von Untersuchungen auf gemeinschaftlicher und nationaler Ebene, beobachtet die Entwicklungen bei der Koexistenz in den Mitgliedstaaten und entwickelt auf der Grundlage dieser Informationen und Beobachtungen Leitlinien für die Koexistenz von genetisch veränderten, konventionellen und ökologischen Kulturen.

Wie im Artikel 26a Absatz 2 der Richtlinie 2001/18/EG angesprochen, hat die EU-Kommission am 23. Juli 2003 eine Empfehlung „mit Leitlinien für die Erarbeitung einzelstaatlicher Strategien und geeigneter Verfahren für die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen“ veröffentlicht. Dabei hat die EU-Kommission u. a. in ihre Erwägung einbezogen,

- Landwirten die Möglichkeit zu geben, zwischen konventionellen und ökologischen Anbaumethoden einerseits und gentechnisch veränderten Kulturen andererseits zu wählen,
 - dass die Verpflichtung zur Durchführung spezifischer Koexistenz-Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit erforderlichenfalls Bestandteil der endgültigen Zustimmung im Genehmigungsverfahren gemäß der Richtlinie 2001/18/EG ist.
- Es fällt auf, dass „spezifische Koexistenz-Maßnahmen“ nun in Verbindung gebracht werden mit Gefahrenabwehr „zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit“. Gemäß der Anforderungen der Richtlinie 2001/18/EG kann eine Genehmigung zum Inverkehrbringen jedoch nur nach intensiver Sicherheitsprüfung (siehe Abb. 1) ausgesprochen werden, wenn keine Gefahren zu erwarten sind. Dabei können auch Nebenbestimmungen zur vorsorglichen Gefahrenabwehr erlassen werden. Es bleibt m. E. fraglich, ob dabei auch Koexistenz-Maßnahmen erfasst werden können.

Leitlinien für die Koexistenz

Der Geltungsbereich der Leitlinien gibt den Mitgliedstaaten unverbindlich Empfehlungen. Ihr Geltungsbereich erstreckt sich von der landwirtschaftlichen Erzeugung (gewerbliche Saatgut- und Pflanzenerzeugung) bis zur ersten Verkaufsstelle, also „von Saat zu Silo“.

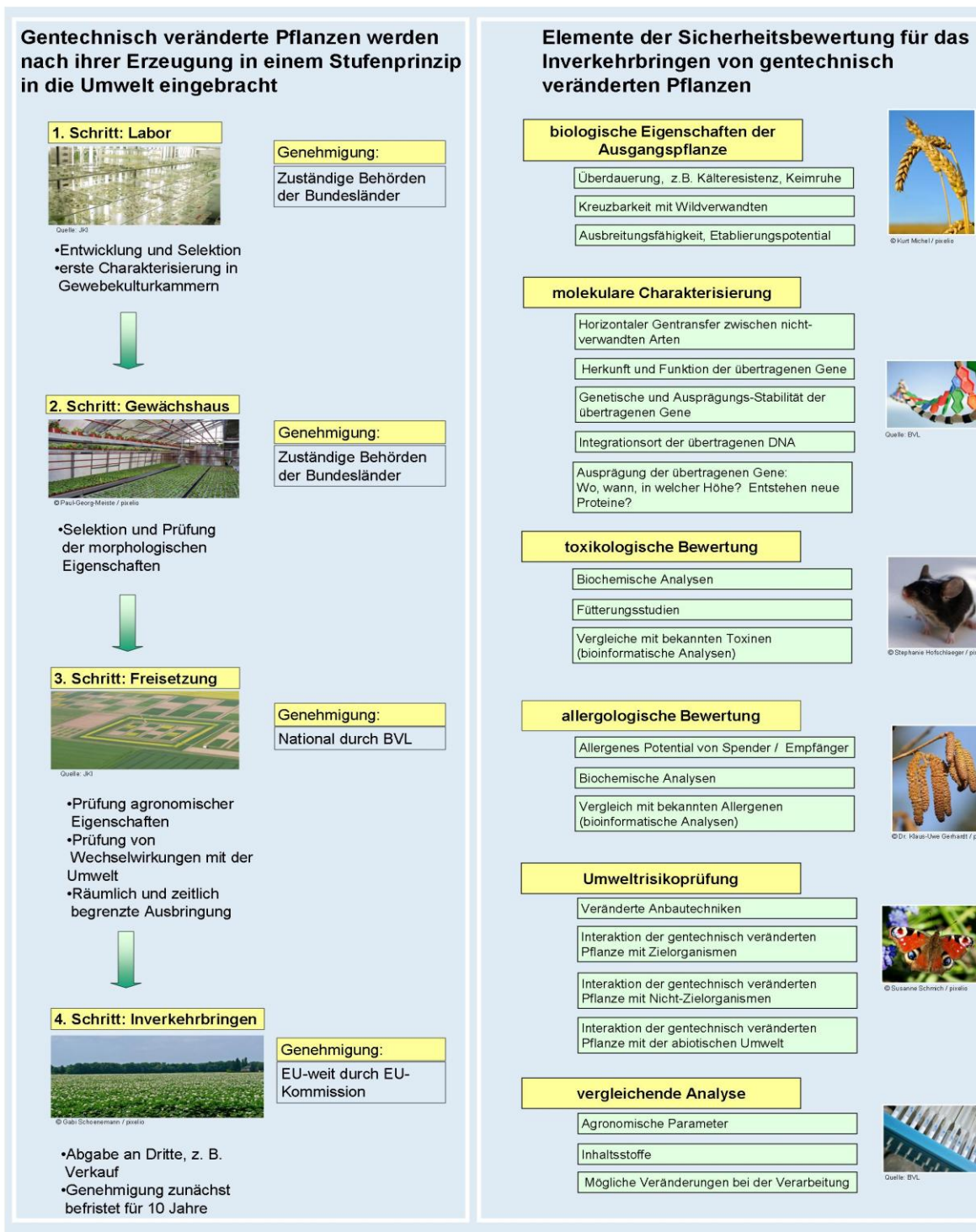
Die Leitlinien sprechen allgemeine Grundsätze der Koexistenz an und benennen einen Indikativen Maßnahmenkatalog zur Koexistenz. Unter den allgemeinen Grundsätzen wird festgehalten:

- Bei den einzelstaatlichen Strategien und geeigneten Verfahren für die Koexistenz sollten die Schwellenwerte für die Etikettierung und die geltenden Reinheitsstandards für GV-Lebensmittel (0,9%), GV-Futtermittel (0,9%) und GV-Saatgut (kein Schwellenwert festgelegt) zugrunde gelegt werden.
- Nach der Verordnung zum ökologischen Landbau dürfen bei der Erzeugung ökologischer Lebensmittel keine gentechnisch veränderten Organismen verwendet werden. Die Verwendung von Zutaten, einschließlich Saatgut, die als GVO-haltig gekennzeichnet sind, ist also nicht zulässig. Erlaubt ist dagegen die Verwendung von Saatgutpartien, die gentechnisch verändertes Saatgut unterhalb der festgesetzten Schwellenwerte (die also aufgrund ihres GVO-Gehalts nicht gekennzeichnet werden müssten) enthalten. Nach der Verordnung zum ökologischen Landbau ist die Festsetzung eines bestimmten Schwellenwerts für das unvermeidbare Vorhandensein von GVO zulässig, es wurde daher kein entsprechender Schwellenwert festgesetzt.

Der Indikative Maßnahmenkatalog zur Koexistenz enthält Vorschläge zu folgenden Hauptpunkten:

- Maßnahmen in Betrieben
- Zusammenarbeit mit Nachbarn
- Überwachungssysteme
- Aufzeichnungen
- Schulungsmaßnahmen
- Bereitstellung und Austausch von Informationen
- Schlichtungsverfahren für Streitfälle
- Standortregister

Abb. 1: Sicherheitsbewertung von gentechnisch veränderten Pflanzen



Standortregister

Die Einrichtung eines Standortregisters (siehe Abb. 2) war bereits in der ursprünglichen Fassung der Richtlinie 2001/18/EG vorgesehen. In diesem sollen der Ort der Freisetzung und auch der Ort des Anbaus von zum Inverkehrbringen genehmigten gentechnisch veränderten Pflanzen erfasst werden, um die Überwachung (das Monitoring) der etwaigen Auswirkungen auf die Umwelt zu unterstützen.

Das Standortregister bildet ein Kernelement der Koexistenzregelung in Deutschland. Die Umsetzung der entsprechenden Vorschriften der EU-Richtlinie 2001/18/EG erfolgte durch das GenTG-Neuordnungsgesetz vom 21. Dezember 2004. Es hält die Standorte von Freisetzung und Anbau zugelassener gentechnisch veränderter Pflanzen fest. Es dient der:

- Information der Öffentlichkeit,
- Überwachung von Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt und damit der Unterstützung der Überwachungs- (Monitoring-) Berichte an die EU-Kommission,
- Unterstützung von Maßnahmen zur Koexistenz.

Gentechnik-Pflanzenerzeugungsverordnung – GenTPfIEV

Die GenTPfIEV setzt die o. g. Empfehlung der EU-Kommission, orientiert an den o. g. Leitlinien auf der Rechtsgrundlage des § 16b Abs. 6 GenTG um. Sie regelt das Verhältnis des Bewirtschafters einer wirtschaftlich genutzten Anbaufläche, die mit gentechnisch veränderten Pflanzen bestellt oder dafür vorgesehen ist. Dazu gehören Mitteilungs- und Anpassungspflichten des Bewirtschafters gegenüber seinen Nachbarn, ggf. Anfragepflichten bei nach Landesrecht zuständigen Behörden (z. B. für den Naturschutz) sowie Aufzeichnungspflichten.

Weiter sind Bestimmungen enthalten

- zur Lagerung,
- zum Transport,
- zu Bewirtschaftungsmaßnahmen,
- zu den eingesetzten Gegenständen,
- zu Durchwuchs nach Abschluss des Anbaus sowie
- zur Aufbringung von Stoffen, die vermehrungsfähige Bestandteile von gentechnisch veränderten Pflanzen enthalten, auf Flächen.

Die GenTPfIEV sieht darüber hinaus weitere pflanzenartspezifische Vorgaben vor. Derzeit sind solche Vorgaben nur für gentechnisch veränderten Mais in einer Anlage zur GenTPfIEV erstellt. Diese Vorgaben regeln insbesondere die Mindestabstände zu benachbarten Flächen mit konventionellem und ökologisch angebautem Mais.

Diskussion

Die bestehenden Regelungen zur Koexistenz regeln die Isolierung von vermehrungsfähigem Material gegenüber dem konventionellen und ökologischen Anbau von sexuell kompatiblen Pflanzen. Einträge aus konventionellem und ökologischem Anbau in den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen sind dagegen nicht geregelt.

Abb. 2: Das Standortregister ist auf der Internetseite des BVL (www.bvl.bund.de) zu finden.

Standortregister

Hier finden Sie alle dem Standortregister mitgeteilten Flächen. Klicken Sie auf die Flächenkennziffer, um weitere Informationen zu den Flächen zu erhalten.

Die **Suchfunktion** bietet eine gezielte Suche im Standortregister zu bestimmten Standorten, Bundesländern oder gentechnisch veränderten Pflanzen.

Die **Übersicht nach Bundesländern** fasst die Größe der Anbauflächen, Freisetzungsfelder und die Anzahl der Mitteilungen für jedes Bundesland zusammen.

Anbau-/Freisetzezeiträume
Alle 2005 2006 2007 2008 2009 **2010** 2011

84 Einträge gefunden, zeigen Sie
[Erster/Vorheriger] 1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46|47|48|49|50|51|52|53|54|55|56|57|58|59|60|61|62|63|64|65|66|67|68|69|70|71|72|73|74|75|76|77|78|79|80|81|82|83|84|85|86|87|88|89|90|91|92|93|94|95|96|97|98|99|100|101|102|103|104|105|106|107|108|109|110|111|112|113|114|115|116|117|118|119|120|121|122|123|124|125|126|127|128|129|130|131|132|133|134|135|136|137|138|139|140|141|142|143|144|145|146|147|148|149|150|151|152|153|154|155|156|157|158|159|160|161|162|163|164|165|166|167|168|169|170|171|172|173|174|175|176|177|178|179|180|181|182|183|184|185|186|187|188|189|190|191|192|193|194|195|196|197|198|199|200|201|202|203|204|205|206|207|208|209|210|211|212|213|214|215|216|217|218|219|220|221|222|223|224|225|226|227|228|229|230|231|232|233|234|235|236|237|238|239|240|241|242|243|244|245|246|247|248|249|250|251|252|253|254|255|256|257|258|259|260|261|262|263|264|265|266|267|268|269|270|271|272|273|274|275|276|277|278|279|280|281|282|283|284|285|286|287|288|289|290|291|292|293|294|295|296|297|298|299|300|301|302|303|304|305|306|307|308|309|310|311|312|313|314|315|316|317|318|319|320|321|322|323|324|325|326|327|328|329|330|331|332|333|334|335|336|337|338|339|340|341|342|343|344|345|346|347|348|349|350|351|352|353|354|355|356|357|358|359|360|361|362|363|364|365|366|367|368|369|370|371|372|373|374|375|376|377|378|379|380|381|382|383|384|385|386|387|388|389|390|391|392|393|394|395|396|397|398|399|400|401|402|403|404|405|406|407|408|409|410|411|412|413|414|415|416|417|418|419|420|421|422|423|424|425|426|427|428|429|430|431|432|433|434|435|436|437|438|439|440|441|442|443|444|445|446|447|448|449|450|451|452|453|454|455|456|457|458|459|460|461|462|463|464|465|466|467|468|469|470|471|472|473|474|475|476|477|478|479|480|481|482|483|484|485|486|487|488|489|490|491|492|493|494|495|496|497|498|499|500|501|502|503|504|505|506|507|508|509|510|511|512|513|514|515|516|517|518|519|520|521|522|523|524|525|526|527|528|529|530|531|532|533|534|535|536|537|538|539|540|541|542|543|544|545|546|547|548|549|550|551|552|553|554|555|556|557|558|559|560|561|562|563|564|565|566|567|568|569|570|571|572|573|574|575|576|577|578|579|580|581|582|583|584|585|586|587|588|589|590|591|592|593|594|595|596|597|598|599|600|601|602|603|604|605|606|607|608|609|610|611|612|613|614|615|616|617|618|619|620|621|622|623|624|625|626|627|628|629|630|631|632|633|634|635|636|637|638|639|640|641|642|643|644|645|646|647|648|649|650|651|652|653|654|655|656|657|658|659|660|661|662|663|664|665|666|667|668|669|670|671|672|673|674|675|676|677|678|679|680|681|682|683|684|685|686|687|688|689|690|691|692|693|694|695|696|697|698|699|700|701|702|703|704|705|706|707|708|709|710|711|712|713|714|715|716|717|718|719|720|721|722|723|724|725|726|727|728|729|730|731|732|733|734|735|736|737|738|739|740|741|742|743|744|745|746|747|748|749|750|751|752|753|754|755|756|757|758|759|760|761|762|763|764|765|766|767|768|769|770|771|772|773|774|775|776|777|778|779|780|781|782|783|784|785|786|787|788|789|790|791|792|793|794|795|796|797|798|799|800|801|802|803|804|805|806|807|808|809|810|811|812|813|814|815|816|817|818|819|820|821|822|823|824|825|826|827|828|829|830|831|832|833|834|835|836|837|838|839|840|841|842|843|844|845|846|847|848|849|850|851|852|853|854|855|856|857|858|859|860|861|862|863|864|865|866|867|868|869|870|871|872|873|874|875|876|877|878|879|880|881|882|883|884|885|886|887|888|889|890|891|892|893|894|895|896|897|898|899|900|901|902|903|904|905|906|907|908|909|910|911|912|913|914|915|916|917|918|919|920|921|922|923|924|925|926|927|928|929|930|931|932|933|934|935|936|937|938|939|940|941|942|943|944|945|946|947|948|949|950|951|952|953|954|955|956|957|958|959|960|961|962|963|964|965|966|967|968|969|970|971|972|973|974|975|976|977|978|979|980|981|982|983|984|985|986|987|988|989|990|991|992|993|994|995|996|997|998|999|1000

Flächenkennziffer	PL	Gemeinde	GVO	Mitteilungstyp
01561/01471	01471	Radeburg	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01561	01561	Zabeltitz	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01671	01561	Zabeltitz	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01672	01561	Zabeltitz	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01673	01561	Zabeltitz	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01698	01561	Thiendorf	Mais (MON-00...	Anbau
01561/01699	01561	Tauscha	Mais (MON-00...	Anbau
01896/01666	01896	Pulsnitz	Mais (MON-00...	Anbau
01896/01668	01896	Pulsnitz	Mais (MON-00...	Anbau
01896/01669	01896	Pulsnitz	Mais (MON-00...	Anbau

Bei den mit markierten Flächen gilt das Anbauverbot für MON810 aufgrund der Ruhensanordnung der Anbaugenehmigung nach §20 Abs. 2 GenTG.
Die mit markierten Mitteilungen wurden zurückgezogen.
Für die mit markierten Mitteilungen sind zusätzliche Informationen vorhanden.

Standortregister
Aufbau und Funktion des Standortregisters

- Anbau von gentechnisch verändertem Mais in Deutschland 2005-2009
- Gentechnisch veränderter Raps: Raps-Saatgut-Verunreinigung bei der Deutschen Saatveredelung (DSV)

Formulare und Merkblätter

- Merkblatt zur Mitteilung von GVO Anbau Standorten (pdf)
- Formular zur Mitteilung von Anbau Standorten (pdf)
- Formular zur Mitteilung von Anbau Standorten (rtf)
- Informationsblatt zur Gentechnik-Pflanzenzüchtungsverordnung
- Merkblatt zum Antrag auf Auskunft personenbezogener Daten (pdf)
- Antrag auf Auskunft über personenbezogene Daten (pdf)
- Antrag auf Auskunft über personenbezogene Daten (rtf)

Mehr Infos

Die EU-Kommission hat angekündigt, die Empfehlung der Kommission vom 23. Juli 2003 mit Leitlinien für die Koexistenz im Juli 2010 durch eine neue Empfehlung zu ersetzen.

Auf diese Weise soll die von der EU-Kommission angekündigte Nationalisierung der Entscheidungen über den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen unterstützt und die Möglichkeit gentechnikfreier Regionen geschaffen werden. In dem bekannt gewordenen Entwurf der neuen Empfehlung ist diese Absicht bereits in den Erwägungsgründen erkennbar. Dort heißt es:

„In some cases, depending on economic and natural conditions, it may be necessary to exclude GMO cultivation from larger areas. This possibility rests on the demonstration by Member States that, for specific areas, co-existence measures are not sufficient to prevent the unintended presence of GMOs in conventional or organic crops. Moreover the restriction measures need to be proportionate to be objective (protection of particular needs of conventional or organic farmers).”

Die neue Empfehlung kann auch dahingehend verstanden werden, dass künftig der ökologische Landbau stärker unterstützt werden soll.

Literatur

Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz- GenTG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2066), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 geändert worden ist. BGBl. I S. 2542.

Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. ABI. L 106 vom 17.4.2001, S. 1-38.

Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. ABI. L 198 vom 22.7.1991, S. 1-15.

Empfehlung der Kommission vom 23. Juli 2003 mit Leitlinien für die Erarbeitung einzelstaatlicher Strategien und geeigneter Verfahren für die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2003) 2624). ABI. L 189 vom 29.7.2003, S. 36–47.

Verordnung über die gute fachliche Praxis bei der Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen (Gentechnik-Pflanzenerzeugungsverordnung – GenTPflEV) vom 7. April 2008. BGBl. I Nr. 13, S. 655.

„Commission Recommendation of --/07/2010 on guidelines for the development of national cultivation measures to avoid the unintended presence of GMOs in conventional and organic crops“.

Koexistenz Grüne Gentechnik aus ökonomischer Sicht

Achim Spiller

Einleitung

Die Koexistenz unterschiedlicher Erzeugungsformen ist nichts grundsätzlich Neues. Saatgutunternehmen haben z. B. langjährige Erfahrung mit Maßnahmen zur Gewährleistung der Sortenreinheit (Klein 2003). Nach dem Begriffsverständnis der Europäischen Kommission bedeutet Koexistenz bei gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP), dass „Landwirte unter Einhaltung der Etikettierungs- und Reinheitsvorschriften eine echte Wahl zwischen konventionellen, ökologischen oder GVP-nutzenden Produktionssystemen haben“ (Europäische Kommission 2003, S. 39). Der deutsche Gesetzgeber spricht von einem verträglichen Nebeneinander gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen. Die unbestimmten Rechtsbegriffe „echte Wahl“ bzw. „verträgliches Nebeneinander“ verweisen auf die notwendige Interessenabwägung bei der Definition der Koexistenzregelungen. Koexistenzforschung betrifft deshalb nicht nur den Pflanzenbau, der Regelungen der Guten fachlichen Praxis (GfP) festlegen muss, sondern auch die Ökonomie. Wirtschaftliche Fragen der Koexistenz sind allerdings international wenig thematisiert, da fast alle Länder, die in größerem Umfang GVP anbauen, keine aktiven Koexistenzregime etabliert haben und entsprechend die Kosten der Separierung wenig untersucht wurden (van Acker et al. 2003, Rodriguez-Cerezo und Gomez-Barbero 2005, Gomez-Barbero und Rodriguez-Cerezo 2006).

Unter Koexistenzkosten werden im Weiteren diejenigen Kostenarten verstanden, die auf das von der EU gewollte Nebeneinander der verschiedenen Landbauformen zurückgehen. Damit werden nicht nur wirtschaftliche Schäden bei der Verunreinigung von Nachbarfeldern (Haftung), sondern auch Kosten der Einhaltung der GfP, der Trennung und Überwachung sowie Folge- bzw. Opportunitätskosten einbezogen.

Material und Methoden

Der folgende Beitrag gibt einen literaturgestützten Forschungsüberblick, wer welche Kosten der Koexistenz zu tragen hat, und insbesondere, welche Regelungen zu niedrigen Koexistenzkosten beitragen könnten. Koexistenz betrifft die gesamte Wertschöpfungskette und kann weit reichende Folgen für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Ernährungswirtschaft haben. Derzeit ist der Anbauumfang von GVP in Deutschland allerdings ausgesprochen gering, berührt nur Futtermittel, die außerdem nahezu ausschließlich innerbetrieblich verwertet werden, und damit einen Markt, der bislang kaum zwischen GV und GV-frei differenziert. Unter diesen Voraussetzungen sind die ökonomischen Auswirkungen der heutigen Koexistenzregelung fast zu vernachlässigen. Wirtschaftliche Relevanz hatte bisher nur die international asynchrone Zulassung von GVPs, da es für nicht zugelassene Traits in der EU eine Null-Toleranz-Regelung gibt. Beim Import von Futtermitteln führen daher bereits kleine Verunreinigungen zu einem Verkaufsverbot. Derzeit noch unklar ist die zukünftige Marktbedeutung der „Ohne-Gentechnik“-Kennzeichnung. Der letztgenannte Punkt zeigt, wie schwierig eine Prognose der Koexistenzkosten ist. Insgesamt sind folgende Extremoptionen (und natürlich vielfältige Zwischenformen) für den Zeitraum 2015-2020 denkbar.

Tab. 1: GV-Szenarien und Auswirkungen auf die Koexistenz in Deutschland

Szenario 1: „Koexistenz bleibt Randphänomen“	Szenario 2: „Flächendurchmischte Koexistenz“
<ul style="list-style-type: none"> - Konzentration der Züchtung auf Smart Breeding und ausbleibende Zulassung auf politischer Ebene - nur 2-3 zugelassene Traits, die nur geringe ökonomische Vorteile bieten - größere Teile Deutschlands sind GV-freie Regionen, Anbau nur in abgegrenzten Regionen - fast ausschließlich innerbetriebliche oder technische Verwertung („Biogas“) - „ohne-Gentechnik“-Label für tierische Produkte hat sich nicht durchgesetzt, entsprechend keine Preisdifferenzierung im Agrarhandel 	<ul style="list-style-type: none"> - Erheblicher Züchtungsfortschritt bei GVP erzwingt breite Zulassung und Anbau - auch koexistenzkritische Pflanzen wie Raps sind im Markt - Landwirtschaft bleibt gespalten, kleinräumige Koexistenz - GV- wie GV-freie Ware finden sich im Futter- und im Lebensmittelmarkt mit erheblicher Verbreitung - „ohne-Gentechnik“ hat sich als Marketingaussage durchgesetzt und bietet erhebliche Preisdifferenzierung
Koexistenzregelungen sind ökonomisch weitgehend irrelevant	Hohe Koexistenzkosten, die die internationale Wettbewerbsfähigkeit beeinflussen

Eigene Darstellung

Vor diesem unsicheren Hintergrund ist eine präzise Abschätzung der Koexistenzkosten ausgeschlossen. Alle Berechnungen, die sich auf den Status quo beziehen, der durch eine geringe Marktdifferenzierung und wenige Anbauggebiete gekennzeichnet ist, verlieren in einer Situation, die sich dem zweiten Szenario nähert, ihre Gültigkeit. Die weitere ökonomische Analyse der Koexistenz erfolgt daher qualitativ und zielt auf zwei Punkte: 1. Sicherstellung der Wahlfreiheit zu gesellschaftlich möglichst geringen Kosten und 2. faire Verteilung der Kosten auf die Akteure.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kosten der Koexistenz hängen entscheidend von den jeweiligen Rahmenbedingungen ab und können teilweise politisch beeinflusst werden. Kostentreiber sind insbesondere:

- Kulturart je nach Blüh- und Dormanzeigenschaften: GV-Raps wird zu wettbewerbsrelevanten Koexistenzkosten in der Saatgutproduktion führen, Kartoffeln dürften in der Landwirtschaft wenig Probleme hervorrufen (Foster 2006).
- Kennzeichnungsschwellenwert: Die vorliegenden Studien weisen auf progressiv ansteigende Kosten bei einer Absenkung des Schwellenwertes hin. In einer differenzierten kanadischen Studie wurden Koexistenzkosten exemplarisch für Weizen und verschiedene, international diskutierte Toleranzniveaus erhoben (Huygen et al. 2003). Dabei zeigt sich, dass eine Absenkung des Wertes von 5 % auf 3 % nur zu marginalen Kostenerhöhungen führt, während eine Verschärfung von 3 % auf 1 % und von 1 % auf 0,5 % die Kosten jeweils ungefähr verdoppelt. Eine weitere Reduktion auf 0,1 % führt zu weiteren, aber nicht mehr ganz so ausgeprägten Kostensteigerungen. Studien zu Wirkungen verschiedener Schwellenwerte auf den unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette gibt es nicht.
- Großräumigkeit der GV-Region: Bei kleinräumigen Schlägen und starker Durchmischung der Landbauformen sind die Trennungskosten besonders hoch. In Studien hat sich die Größe der Felder (bzw. Cluster) immer wieder als ein zentraler Faktor erwiesen (Messéan et al. 2006). Ein Szenario mit großen GV-Gebieten in den Neuen Bundesländern und gentechnikfreien Zonen in Süddeutschland ist zu niedrigen Kosten möglich. Einzelne GV-Landwirte in Bayern verschlechtern wahrscheinlich die Wettbewerbsfähigkeit einer gesamten Region. Insgesamt werden sowohl von der Landwirtschaft als auch von der Abnehmerseite Impulse zur

- regionalen Trennung ausgehen, wobei bei geltender Rechtslage insbesondere GV-Anbauer Anreize zur Kooperation haben (Beckmann und Wesseler 2005).
- Möglichkeiten der Vermischung zur Absenkung unter den Schwellenwert: Die Festlegung von Kennzeichnungsschwellen im EU-Recht beruht bisher rechtlich auf der technischen Unvermeidbarkeit und Zufälligkeit der Verunreinigung. Dies schließt eine Mischung der Rohwaren mit dem Ziel, ein Endprodukt mit einem GV-Anteil von unter 0,9 % zu erhalten, nach herrschender juristischer Meinung aus. Werden einzelne Partien entdeckt, die oberhalb des Kennzeichnungswertes liegen, so sind diese getrennt als GV-Ware zu vermarkten. Dieses Vermischungsverbot erhöht die Koexistenzkosten: Da es in Handel und Verarbeitung keine der Landwirtschaft vergleichbaren Regeln der GfP gibt, setzt es zudem Anreize, Proben erst am Ende der Produktionskette zu ziehen und damit das Vermischungsverbot zu umgehen. Eine Vermischungsoption ermöglicht gerade bei Schüttgütern wie Futtermais oder Zucker eine kostengünstige Koexistenz, da auf Analysen und Trennungen auf allen Vorstufen vielfach verzichtet werden kann.
 - Produktdifferenzierung: Ceteris paribus sind besonders hohe Koexistenzkosten in homogenen Standardmärkten (Beispiel Zucker) zu erwarten, da die Handels- und Verarbeitungsstufen hier nicht auf Warentrennung ausgelegt sind.
 - Genauigkeit der Analytik: Bei unsicherer Analytik gibt es ein höheres Risiko und entsprechend werden Mehrfachproben notwendig. Labore und Testverfahren sind in diesem neuen Feld noch nicht ausgereift, sodass mit hohen analytischen Spannweiten gerechnet werden muss (Bertheau et al. 2005). Die abnehmende Hand wird dann in sensiblen Bereichen zusätzliche Sicherheitsmargen fordern.
 - Anteil des GV-Landbaus an der gesamten Anbaufläche: Hierzu liegen wenig belastbare Ergebnisse vor. Eine EU-Studie, die mit Simulationsmodellen Anteile von 10 % und 50 % verglichen hat, ergab überraschend geringe Einflüsse des Flächenanteils auf die Verunreinigungsgefahr (Rodriguez-Cerezo und Gomez-Barbero 2005). Eine US-amerikanische Studie zeigt dagegen, dass Trennungskosten mit steigender Diffusion zunehmen (Kalaitzandonakes 2005).
 - Opportunistisches Verhalten: Nicht beachtet wird in den vorliegenden Studien der Grad des opportunistischen Verhaltens, der durch die Preisdifferenzen zwischen den Waren der drei Anbauformen bestimmt wird. Wenn schnelle Gewinne durch Fälschung von Warenpapieren möglich werden, dann müssen höhere Kontrollanstrengungen unternommen werden.
 - Potenzielle Risiken/Schadensausmaß: Reagiert die Öffentlichkeit sehr sensibel auf „Kontaminationsfälle“, wird eine höhere Kontrolldichte notwendig. Eine ausgeprägte Skandalisierung von Vermischungsfällen durch die Gegner der Gentechnik kann zu hohen Koexistenzkosten führen, die – wie im Weiteren zu zeigen sein wird – im Wesentlichen die Non-GV-Kette treffen.

Die diskutierten Kostentreiber zeigen verschiedene Möglichkeiten zur Verringerung der Koexistenzkosten auf. Der Stand der Literatur auf landwirtschaftlicher Ebene lässt eine insgesamt verhalten optimistische Einschätzung der Koexistenz erkennen. Aus den Erfahrungen mit anderen landwirtschaftlichen Segregationsprozessen (z. B. Saatgut), dem Wachstum des Bio-Anbaus im stark GV-dominierten US-Markt und der beachtlichen Wirkung von Abstandsregelungen in Feldversuchen wird auf die generelle Möglichkeit der Koexistenz geschlossen.

Vieles deutet aber auch darauf hin, dass die bisher hauptsächlich untersuchten landwirtschaftlichen Koexistenzkosten geringer sein werden als diejenigen in Industrie und Handel. Hier sind es speziell versteckte Aufwendungen wie Rüstkosten, getrennte Lagerhaltung und geringere economies of scale durch die

Spezialisierung von Supply Chains, die kostentreibend wirken (Maltsberger und Kalaitzandonakes 2000). Grundsätzlich können drei verschiedene Strategien von Verarbeitungsunternehmen zur Sicherstellung der Koexistenz angewendet werden (Coléno et al. 2005): 1. Aufspaltung der Produktion in zeitlicher Hinsicht wie heute bei Bio-Zuckerrüben. 2. Aufspaltung der Produktion auf verschiedene Produktionsstandorte (Lager). 3. Spezialisierung verschiedener Produzenten auf GV bzw. GV-frei mit entsprechenden Vertragsklauseln. Die Erfahrungen aus der Produktion ökologischer Lebensmittel zeigen, dass die Verarbeitungs- und Handelskosten in kleinen Marktsegmenten erheblich höher ausfallen und die landwirtschaftlichen Mehrkosten deutlich übersteigen können. Mittels einer Fallstudie bei einem dänischen Lebensmittel-Convenience-Hersteller ermittelt Soendergaard et al. (2003) zusätzliche Produktionskosten im Umfang von 6,5 % der Gesamtkosten, wenn neben einer GV-Produktionslinie eine zweite Linie für GV-freie Produkte aufgebaut wird. Ein Drittel dieser Kosten entfällt auf Investitionen (vornehmlich in Lagerkapazitäten), den Hauptanteil machen steigende Arbeitskosten aufgrund der Trennungsvorgänge und Managementkosten aus. Auch für den Lebensmittelhandel sind die wesentlichen Kostentreiber Opportunitätskosten, hier der Fläche. Die Auftrennung von Warengruppen in konventionelle Ware und GV-Ware zwingt den Handel zur Ausweitung seines Sortiments. Diese Problematik ist einer der Hauptgründe für den derzeitigen Widerstand des Lebensmittelhandels gegen die „ohne-Gentechnik“-Kennzeichnung.

Insgesamt zeigt sich, dass die landwirtschaftlichen Koexistenzkosten voraussichtlich nur den kleineren Teil ausmachen werden. So dürften die Regelungen der GfP für Mais nur zu wenigen Haftungsfällen führen (Asseldonk und Huirne 2006, Wiss. Beirat 2010). Zentral sind die Kosten in den vor- und nachgelagerten Stufen.

Die Kosten der Koexistenz werden im EU-Koexistenzmodell auf die Landbewirtschaftungsformen verteilt. Die GV-Landwirtschaft trägt die meisten Koexistenzaufwendungen auf der landwirtschaftlichen Ebene, während Wertschöpfungsketten, die ihre Produkte als GV-frei kennzeichnen wollen, die Trennungskosten auf den nachfolgenden Stufen übernehmen müssen. Diese Kostenverteilung ist in der Haftungsregelung des Gentechnikgesetzes angelegt. Nach herrschender juristischer Meinung umfasst die Haftung keine Folgekosten in der Wertschöpfungskette, sondern ist auf nachbarschaftsrechtliche Auseinandersetzungen beschränkt. Hier ist sie allerdings durch die verschuldensunabhängige und gesamtschuldnerische Haftung relativ strikt und bietet dem Nachbarn einen weitgehend gesicherten Ausgleich von Vermarktungsschäden (Becker und Holm-Müller 2006). Entsprechend müssen die GVP-nutzenden Landwirte Vorsorge tragen. Dagegen entfallen alle Aufwendungen zur Sicherstellung der GV-Freiheit in Agrarhandel, Lebensmittelindustrie und Lebensmittelhandel auf diejenigen Anbieter, die sich über das „Ohne Gentechnik“-Label am Markt positionieren wollen.

Den Koexistenzkosten stehen jeweils unterschiedliche Nutzenkomponenten gegenüber. Die GV-Wertschöpfungskette profitiert bei GV-Saatgut der ersten Generation von höheren Saatgutpreisen, geringeren landwirtschaftlichen Produktionskosten und höheren Erträgen (Gomez-Barbero und Rodriguez-Cerezo 2007, Wolf und Vögeli 2009). Unternehmen, die Produkte als GV-frei vermarkten, erwirtschaften ein Preispremium für diese Eigenschaft bei denjenigen Verbrauchern, die keine GV-Ware kaufen wollen. Dieses wird bei konventionellen NGV-Erzeugnissen höher ausfallen als bei Bio-Ware, da hier die GV-Freiheit schon jetzt weitgehend von den Konsumenten „eingepreist“ ist.

Letztlich sind die EU-Koexistenzregelungen als Versuch zu bewerten, die Kosten soweit möglich denjenigen aufzuerlegen, die vom GV-Einsatz profitieren (Levidow und Boschert 2008). Die GV-nutzenden Landwirte erwarten – sonst würden sie dieses Saatgut nicht einsetzen – Kostenvorteile im Anbau und sollen diese zum Teil für Maßnahmen der GfP einsetzen. In den späteren Stufen der Wertschöpfung wird die GV-freie Ware Preisaufschläge erzielen, sodass die Trennungskosten in der Food Chain von diesen Akteuren zu tragen sind. Der derzeitige Stand des Wissens spricht dafür, dass diese Rechtslage keine Landbewirtschaftungsform unverhältnismäßig benachteiligt. Da aber nur hypothetische Abschätzungen vorliegen, wird es eine zentrale Aufgabe der nächsten Jahre sein, ein systematisches Monitoring über Koexistenzkosten aufzubauen und ggf. politisch nachzusteuern.

In international vergleichender Hinsicht ist jedoch auch klar, dass die EU-Koexistenzlösung die Wettbewerbsfähigkeit der GV-Produktion gegenüber Ländern ohne Koexistenzregime verschlechtert, genauso wie die GV-freie Wertschöpfungskette in der EU gegenüber Ländern ohne Gentechnikeinsatz verliert. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass alle Landbauformen in der EU von niedrigen Koexistenzkosten im internationalen Wettbewerb profitieren würden. In dieser Hinsicht ist die Strategie einiger GV-Gegner, die Koexistenzkosten durch besonders niedrige Schwellenwerte in die Höhe treiben zu wollen, ökonomisch nicht nachvollziehbar. Jede Politik, die durch Schwellenwerte an der Nachweisgrenze u. ä. auf exponentiell steigende Koexistenzkosten hinarbeitet, mag kurzfristig als Blockadeinstrument dienen, gefährdet aber langfristig die GV-freie Produktion. Koexistenzregelungen, die zu volkswirtschaftlich niedrigen Kosten führen, sind damit im Interesse aller Unternehmen. Entsprechende Vorschläge hat der Wiss. Beirat des BMELV im Sommer 2010 vorgelegt.

Literatur

- Asseldonk M.A.P.M., Huirne R. 2006: Coexistence Risk Analysis. Institute of Risk Management in Agriculture, Wageningen, <http://www.wgg-ev.de/infopool/?cat=26>.
- Becker A., Holm-Müller K. 2006: Das neue Gentechnikgesetz – ein Gentechnikverhinderungsgesetz. *Agrarwirtschaft* 55(7): 303-309.
- Beckmann V., Wesseler J. 2005: Spatial Dimension of Externalities and the Coase Theorem: Implications for Co-Existence of Transgenic Crops. Annual Conference of the American Agricultural Economics Association, July 24-27, 2005, Providence, Rhode Island.
- Bertheau Y., Davison J., Host-Jensen A., Taverniers I. 2005: Key issues and open questions in GM controls. In: Messéan A. (Hrsg.): Coexistence between GM and non-GM agricultural supply chains. Conference Proceedings, S. 111-113.
- Coléno F.C., Bail M. le, Raveneau M. 2005: Segregation of GM and non-GM production at the primary production level. In: Messéan A. (Hrsg.): Coexistence between GM and non-GM agricultural supply chains. Conference Proceedings, S. 169-172. <http://www.gmcc05.com/pdf/GMCC05.pdf>.
- Europäische Kommission 2003: Leitlinien für die Erarbeitung einzelstaatlicher Strategien und geeigneter Verfahren für die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen. 2003/556/EG.
- Foster M. 2006: GM grains in Australia. Abare Research Report 06.25, http://www.abareconomics.com/publications_html/crops/crops_06/GM_grains.pdf
- Gomez-Barbero M., Rodriguez-Cerezo E. 2006: Economic Impact of Dominant GM crops Worldwide: a Review. European Commission's Joint Research Centre, Technical Report Series No. 22547 EN, Seville.
- Gomez-Barbero M., Rodriguez-Cerezo E. 2007: GM crops in EU agriculture: Case study for the BIO4EU project. European Commission, DG Joint Research Centre, Seville.
- Huygen I., Veeman M., Lerohl M. 2003: Cost Implications of Alternative GM Tolerance Levels: Non-Genetically Modified Wheat in Western Canada. In: *AgBioForum* 6(4) <http://www.agbioforum.missouri.edu/v6n4/v6n4a04-veeman.htm>.

- Kalaitzandonakes N. 2005: Technical and economic issues related to co-existence supply chains. In: Messéan A. (Hrsg.): Coexistence between GM and non-GM agricultural supply chains. Conference Proceedings, p. 29-30.
- Klein H. 2003: Certified Seed Production. In: Boelt B. (Hrsg.): Proceedings of the 1st European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic Crops, S. 50-56.
- Levidow L., Boschert K. 2008: Coexistence of contradiction? GM crops versus alternative agricultures in Europe. *Geoforum* 39(1): 174-190.
- Maltsbarger R., Kalaitzandonakes N.G. 2000: Direct and hidden costs in identity preserved supply chains. In: *AgBioForum* 4(3): 236-242.
- Messean A., Angevin F., Gomez-Barbero Menrad K., Rodriguez-Cerezo E. 2006: New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. European Commission's Joint Research Centre, Technical Report Series No. 22102 EN, Seville.
- Rodriguez-Cerezo E., Gomez-Barbero M. 2005: Research activities on co-existence between GM and non-GM crops at the European Commission's Joint Research Centre. In: Messéan A. (Hrsg.): Coexistence between GM and non-GM agricultural supply chains. Conference Proceedings, S. 63-67.
- Soendergaard J., Gylling M., Pedersen S.M. 2003: Co-existence from farm to fork. Proceedings of the 1st European Conference on the Coexistence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic crops, Slagelse, Denmark, S. 140-142, <http://www.wgg-ev.de/infopool/?cat=26>.
- Van Acker R.C., Brule-Babel A.L., Friesen L.F., Entz M.H. 2003: GM/non GM wheat coexistence in Canada. Proceedings of the 1st European Conference on the Coexistence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic crops, Slagelse, Denmark, S. 60-68, <http://www.wgg-ev.de/infopool/?cat=26>.
- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik des BMELV 2010: Stellungnahme Koexistenz Gentechnik in der Land- und Ernährungswirtschaft. <http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/1097162/publicationFile/88426/Stellungnahme-Koexistenz-Gentechnik.pdf>.
- Wolf D., Vögeli G. 2009: Ökonomischer Nutzen von Bt-Mais ist relativ. In: *AGRARForschung* 16(1): 4-9.

Koexistenz Grüne Gentechnik: Pflanzenbauliche Konsequenzen

Gerhard Rühl und Maren Langhof

Einleitung

Weltweit nimmt die Fläche, die mit gentechnisch veränderten (GV) Sorten von Kulturarten bestellt wird, von Jahr zu Jahr kontinuierlich zu. Im Jahr 2009 wurden gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) bereits auf mehr als 134 Mio ha angebaut. Die Haupterzeugerländer von GVP sind derzeit die USA, Argentinien, Brasilien, Kanada, Indien, China, Paraguay und Südafrika (James 2009). Entgegen dieser weltweiten Entwicklung spielt der Anbau von GVP in der EU nur eine untergeordnete Rolle, hauptsächlich aufgrund fehlender Akzeptanz der Grünen Gentechnik in der Bevölkerung. Zurzeit beschränkt sich der Anbau von GVP in der EU auf Bt-Maissorten mit dem Konstrukt MON810. Seit März 2010 ist zusätzlich die Kartoffelsorte Amflora zum Anbau in der EU zugelassen. Während Bt-Maissorten MON810 in den letzten Jahren auf etwa 100.000 ha innerhalb der EU mit deutlichem Anbauswerpunkt in Spanien kultiviert wurden, beschränkt sich der Anbau der Amflora im Jahr 2010 auf ca. 20 ha. In Deutschland wurde der Anbau von Bt-Mais erstmals im Jahr 2005 gestattet. Der Anbauumfang steigerte sich von 342 ha im Jahr 2005 bis auf 3.171 ha im letzten Anbaujahr 2008. Seit 2009 ist der Anbau von Bt-Maissorten MON810 in Deutschland verboten. Seit 2009 gilt auch in weiteren 6 Mitgliedstaaten der EU (Frankreich, Griechenland, Luxemburg, Österreich, Polen und Ungarn) ein Anbauverbot für Bt-Mais MON810.

Im Rahmen der Grünen Gentechnik fordert die EU auf der Basis entsprechender Verordnungen (s. vorheriger Beitrag) explizit sowohl die Gewährleistung der Wahlfreiheit für oder wider GVP für Erzeuger, Produzenten und Konsumenten als auch die nachhaltige Koexistenz beim Anbau sowie in der nachfolgenden Verarbeitung. Die „Koexistenz im Anbau“ bedeutet dabei, dass der Anbau von GVP so zu gestalten ist, dass benachbarte konventionelle sowie ökologisch bewirtschaftete Flächen nicht wesentlich beeinträchtigt werden; d.h. im Klartext, dass der durch den GVP-Schlag verursachte GV-Anteil der Gesamternte dieser Nachbarschläge unterhalb des EU-weit geltenden Kennzeichnungsschwellenwertes von 0,9 % liegen muss. Die Einhaltung dieses Schwellenwertes muss beim Anbau von GVP durch geeignete Maßnahmen gewährleistet werden, da die Ernte sonst ggf. nicht ihrer ursprünglichen Bestimmung entsprechend genutzt oder eventuell nur zu einem niedrigeren Preis vermarktet werden kann.

Zur Sicherung der Koexistenz im Anbau wurden im Rahmen der Novellierung des Gentechnikgesetzes im April 2008 allgemeine Sorgfalts-, Informations- und Dokumentationspflichten im Rahmen der Guten fachlichen Praxis des GVP-Anbaus (GfP) der neu geschaffenen Gentechnik-Pflanzenerzeugungsverordnung (GenTPflEV) vorgeschrieben. Bisher wurden lediglich für Mais konkrete kulturartspezifische Maßnahmen definiert. Für die Kartoffelsorte Amflora wird zurzeit eine spezifische Regelung als nicht erforderlich erachtet, da der Anbau ausschließlich im Rahmen eines besonderen Vertragsanbaus stattfindet. Weitere kulturartspezifische Maßnahmen sollen folgen, sobald erkennbar ist, dass GV-Sorten der jeweiligen Kulturart für den Anbau in der EU zugelassen werden.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Koexistenz im Ausschnitt „landwirtschaftliche Produktion“, also von der Saatgutbereitstellung bis zur Lagerung des Ernteguts im landwirtschaftlichen Betrieb. Im Folgenden werden Problemfelder der Koexistenz sowie mögliche pflanzenbauliche Maßnahmen unter dem Aspekt der Koexistenz kulturartspezifisch diskutiert.

Grundlagen

Ziel der Koexistenz beim Anbau von GVP ist es, durch kulturartspezifische Anbauregeln zu gewährleisten, dass der GV-Anteil in der Gesamternte eines konventionellen Nachbarschlages unter dem Kennzeichnungsschwellenwert von 0,9 % liegt. Für den hier ausschließlich betrachteten Ausschnitt der landwirtschaftlichen Produktion fasst Tabelle 1 mögliche Quellen einer GV-Verunreinigung zusammen. Besonders sensibel ist der GV-Anteil im konventionellen Saat- und Pflanzgut sowie der pollenvermittelte Genfluss bei wind- und/oder insektenbestäubten Kulturarten, sofern nicht – wie bei Kartoffel und Zuckerrübe – lediglich vegetative Pflanzenteile geerntet werden. Wenig untersucht ist bisher die Verschleppung von Saat- und Erntegut in Maschinen sowie Verluste bei Transportprozessen, die besonders bei feinkörnigen Arten wie Raps problematisch sein können.

Tab. 1: Quellen von GV-Anteilen in konventionellem Erntegut

Quelle des GV-Anteils	Ursache
Saatgut	Auskreuzung und Vermischung während Saatgutproduktion
Durchwuchs	GV-Samenbank aus früherem Anbau
Auskreuzung	Pollenvermittelter Genfluss aus GV-Sorten (ggf. auch nach Auskreuzung in Wildarten)
Maschinen	Aussaat, Ernte, Kulturmaßnahmen
Nebenprodukte	Samen in Stroh, organischem Dünger, Kompost und Silage
Lagerung, Transport	Samenverluste

Die Kulturarten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Blühbiologie und Saatguteigenschaften (z.B. Art der Bestäubung, Überdauerungsfähigkeit der Samen im Boden, Größe des Saatguts, Verluste bei Ernte, Polleneigenschaften). Für den pollenvermittelten Genfluss ist der kulturartspezifische Anteil an Fremdbefruchtung sowie die Art der Bestäubung (Wind- und/oder Insektenbestäubung) ausschlaggebend. Bei der Zuckerrübe z.B. ist dabei außerdem zu berücksichtigen, dass sie zwar eine fremdbefruchtete Art repräsentiert, als zweijährige Kultur jedoch im Rahmen des Konsumanbaus bis auf die sporadisch auftretenden Schosser nicht zur Blüte kommt.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für die Festlegung kulturartspezifischer Koexistenzmaßnahmen ist die Fähigkeit bei der Ernte ausfallender Samen, in den Folgekulturen aufzulaufen (Durchwuchs). Auch hier unterscheiden sich die Kulturarten deutlich. Während Durchwuchs bei Raps in Abhängigkeit von der jeweiligen Sorte auch nach 10 und mehr Jahren auftreten kann, überdauern

Maissamen im Regelfall unter mitteleuropäischen Klimabedingungen nicht einmal den ersten Winter. Weizen und Gerste nehmen eine Mittelstellung ein, werden aber andererseits sehr häufig im Rahmen heutiger Fruchtfolgen angebaut.

Problemfelder für die Definition von Koexistenzregeln

Für die konkrete Festlegung von kulturartspezifischen Maßnahmen im Rahmen einer GfP des GVP-Anbaus gibt es derzeit noch einige Unsicherheiten. So fehlen weiterhin EU-weite Vorgaben für Kennzeichnungsschwellenwerte in nicht gentechnisch verändertem (NGV) Saatgut. Bisher wurden GV-Anteile zwischen 0,1 und 0,7 % in Abhängigkeit von der jeweiligen Kulturart diskutiert. Für die Entscheidung z.B. über einen einzuhaltenden Mindestabstand ist es jedoch ein immenser Unterschied, ob NGV-Saatgut nicht oder bereits mit 0,7 % GV-Anteil „vorbelastet“ ist. Im letzteren Fall verbliebe für den Anbau lediglich ein geringer Puffer für z.B. Verschleppung in Maschinen, Auskreuzung und/oder Durchwuchs. Ein niedriger Schwellenwert würde also dem nachfolgenden Anbau den größtmöglichen Spielraum für GV-Verunreinigungen gewähren, allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit den Preis für NGV-Saatgut erhöhen.

Viele mögliche Maßnahmen für die Reduktion des pollenvermittelten Genflusses sind bis heute nicht oder nur unzureichend geprüft worden. So werden zwar von einigen EU-Mitgliedstaaten – abgeleitet von ihrer Anwendung in der Saatguterzeugung – Mantelsaaten zur teilweisen oder vollständigen Kompensation eines vorgeschriebenen Mindestabstands zugelassen, obwohl deren Wirksamkeit bisher in Koexistenzstudien nicht belegt werden konnte. Im Gegenteil, in unseren Versuchen konnten wir zeigen, dass eine 9 bzw. 18 m starke Mantelsaat direkt am Feldrand des GV-Maisschlages keinerlei Auswirkung auf die Auskreuzungsrate in einem 51 m entfernten konventionellen Maisschlag hatte (Langhof et al. 2009). D.h., weder ist der Effekt einer Mantelsaat per se nachgewiesen noch ist dieser quantifizierbar. Damit ist derzeit die Nutzung von natürlichen Hindernissen wie Hecken sowie von alternativen Maßnahmen allenfalls ergänzend zu einem Mindestabstand, aber nicht für diesen kompensierend möglich.

Üblicherweise werden GV-Anteile in der Produktions- und Verarbeitungskette mittels quantitativer PCR nachgewiesen. Der Vorteil des Verfahrens ist, dass es über die gesamte Kette angewandt werden kann, solange GV-Anteile noch nachweisbar sind. In hochveredelten Produkten wie Zucker oder Pflanzenöl sind GV-Konstrukte jedoch nicht mehr ermittelbar, sodass in der Verarbeitungskette an der letzten Stelle, an der GV-Anteile noch nachweisbar sind, analysiert werden muss. Ein großer Nachteil des Verfahrens ist die geringe Analysengenauigkeit, insbesondere im Spurenbereich von 0,1 %. Aber auch im Bereich um den Kennzeichnungsschwellenwert herum liegt nach Aussage kommerzieller akkreditierter Labore die Genauigkeit lediglich bei ± 40 %. Dem kann nur dadurch Rechnung getragen werden, dass im Anbau bereits ein GV-Anteil von deutlich unter 0,9 %, also z.B. 0,5 – 0,6 %, angestrebt wird.

Weiterhin wird als weitere notwendige Vorgabe, z.B. für die Festlegung von Mindestabständen, nicht spezifiziert, wie häufig ggf. Haftungsfälle in Kauf genommen werden können. Auch hier ist es ein bedeutender Unterschied, ob Haftungsfälle generell ausgeschlossen sein sollen oder ob Maßnahmen so gestaltet werden sollen, dass ein bestimmter Prozentsatz an Haftungsfällen (z.B. 5 %) toleriert wird. Da bisher keine belastbaren Daten über GV-Gehalte in NGV-Erntepartien aus Praxisschlägen in unterschiedlicher Entfernung von GV-Schlägen unter den

klimatischen Bedingungen Deutschlands publiziert wurden, sind Aussagen zur Häufigkeit von Überschreitungen des Kennzeichnungsschwellenwertes zurzeit generell für keine Kulturart möglich. Den Koexistenzversuchen der Ressortforschung (Langhof et al. 2008, 2010) können derartige Informationen nicht entnommen werden, da sie dazu angelegt wurden, Anhaltspunkte für die maximal mögliche Auskreuzungsrate zu erhalten. In Europa existieren lediglich für Beispielregionen Spaniens und Portugals Informationen zur Auskreuzung unter Praxisbedingungen, die jedoch aufgrund deutlich abweichender klimatischer Bedingungen nicht auf mitteleuropäische Verhältnisse übertragen werden können (Messeguer et al. 2006, Cruz de Carvalho und Alfarroba 2006.).

Mögliche pflanzenbauliche Koexistenzmaßnahmen

Die wichtigsten möglichen Eintrittspfade für GV-Verunreinigungen im Zuge des Anbaus von GVP sind GV-Anteile in NGV-Saatgut, Vermischungen in Maschinen, bei Lagerung und Transport sowie pollenvermittelter Genfluss und Durchwuchs. Im Rahmen dieses Beitrags können die einzelnen Eintrittspfade in der landwirtschaftlichen Produktion und mögliche Maßnahmen zu ihrer Minimierung nur kurz angerissen werden.

Saatgut:

Der Transport von GV-Saatgut muss laut GenTPfIEV in geschlossenen Behältern und getrennt von NGV-Saatgut erfolgen. Saatgut konventioneller Sorten darf zurzeit keinerlei Spuren von GV-Saatgut beinhalten (sog. „Nulltoleranz“). Allerdings haben die für die Überwachung zuständigen Bundesländer aufgrund der Ungenauigkeit der zugrunde liegenden Analytik (quantitative PCR) einen „Vollzugs-Schwellenwert“ von 0,1 % festgelegt, solange es sich um Konstrukte handelt, die in der EU zugelassen sind. In der EU nicht zugelassene Konstrukte dürfen generell in Saatgut nicht nachweisbar sein. Bisher sind nur wenige Fälle bekannt, in denen GV-Spuren oberhalb von 0,1 % detektiert wurden.

Aussaat:

Eine Verunreinigung mit GV-Saatgut ist generell aufgrund einer Vermischung in den Säaggregaten von Drillmaschinen möglich, die sowohl für die Aussaat von GV- als auch NGV-Saatgut verwendet werden. Großsamige Arten bereiten bei anschließender Reinigung der Maschinen weniger Probleme als kleinsamige, eine Reinigung ist jedoch prinzipiell möglich und der zeitliche Aufwand üblicherweise überschaubar. Im Rahmen der eigenen Mais-Koexistenzversuche dauerte die vollständige Reinigung von 8 Säaggregaten unter Verwendung von Pressluft etwa 20 Minuten. Bei Zunahme der GVP-Anbaufläche ist eine getrennte Nutzung von Drillmaschinen für GVP bzw. NGVP denkbar und sinnvoll. Eine Alternative wäre die zeitlich gestaffelte Nutzung der Drillmaschinen zunächst für konventionelle Sorten und anschließend für GVP oder umgekehrt.

Pollenvermittelter Genfluss während des Anbaus:

Pollenvermittelter Genfluss ist vor allem beim vorwiegend windbestäubten Mais und dem wind- und insektenbestäubten Raps von Bedeutung. Um diese Auskreuzung zu minimieren, wird als wirksamste Maßnahme ein Mindestabstand zu konventionellen Nachbarschlägen diskutiert und für Mais im Rahmen der GfP auch explizit gefordert. In dieser ist ein Abstand von GV-Mais zu konventionellen Maisschlägen (150 m) und

ökologisch bewirtschafteten Maisflächen (300 m) vorgeschrieben. Unsere Ergebnisse zeigen für Mais, dass selbst unter ungünstigen Windbedingungen ein Abstand von 64 m zu mind. 1 ha großen Körnermaisschlägen bzw. 25 m zu Silomaisschlägen ausreichen sollte, um die Einhaltung des Kennzeichnungsschwellenwertes zu garantieren. Für Raps wird im Rahmen der Ausarbeitung weiterer kulturartspezifischer Koexistenzmaßnahmen der GfP ein Abstand von 50 m erwogen, während für Arten wie Kartoffel und Zuckerrübe ein Abstand nicht zwingend erforderlich scheint. Bei den vorwiegend selbstbefruchteten Hauptgetreidearten Weizen und Gerste sind 10 m als Mindestabstand angedacht.

Einen Sonderfall stellen die Schosser beim Zuckerrübenanbau dar. Um eine Auskreuzung von GV-Schosserrüben auf benachbarte NGV-Schosserrüben sowie Wildrüben auszuschließen, ist eine konsequente Beseitigung der Schosser vor der Blüte unumgänglich.

Die Fokussierung auf einen einzuhaltenden Mindestabstand als zentrale Koexistenzmaßnahme führt bei Kulturarten wie Mais oder Raps zwangsläufig dazu, dass kleinräumig strukturierte Agrarbereiche benachteiligt sind. Im Extremfall kann dies sogar bedeuten, dass in bestimmten Arealen kein Anbau von GVP möglich ist. Einzuplanen sind außerdem pflanzenbauliche Maßnahmen, die sicherstellen, dass z.B. im Falle von GV-Raps durch eine gezielte Bekämpfung von Ruderal- und Ausfallraps eine Einkreuzung aus Feldrandbereichen, benachbarten Wegrändern oder stillgelegten Flächen mit GV-Rapshistorie minimiert wird.

Weitere Maßnahmen zur Verminderung des pollenvermittelten Genflusses sind die getrennte Randstreifenenernte oder die Anlage von Mantelsaaten (s.o.), die jedoch hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht werden müssen.

Im Rahmen der Koexistenzstudien der Ressortforschung an Mais konnten in den Jahren 2005 – 2009 folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Ein Mindestabstand von 50 m ist ab einer NGV-Feldtiefe von 200 m (Körnermais) bzw. 50 m (Silomais) ausreichend.
- Die separate Ernte des NGV-Feldrandes (6 bzw. 12 m) führt meist zu einer deutlichen Reduzierung des GV-Anteils der Ernte des gesamten NGV-Schlages.
- Die Feldtiefe des GV-Schlages spielt ab einer Tiefe von 75 m keine entscheidende Rolle für die Auskreuzungsrate.
- Eine NGV-Mantelsaat am GV-Feldrand ist bis zu einer Tiefe von 18 m in Kombination mit einem Feldabstand von 51 m wirkungslos.
- Ein Einfluss der Kulturart auf der Fläche zwischen GV- und NGV-Mais auf die Auskreuzungsrate konnte nicht festgestellt werden.

Durchwuchs:

Durchwuchs stellt im Rahmen der Koexistenz einen Grenzfall dar, da eine GV-Verunreinigung aufgrund vorangegangenen GVP-Anbaus üblicherweise den Landwirt selber trifft, also keinem Nachbarn ein wirtschaftlicher Schaden entsteht. Lediglich bei Verpachtung oder Veräußerung der Fläche ist dem Pächter/Nachbesitzer eine eventuelle GVP-Historie mitzuteilen. Zusätzlich ist bei Fremdbefruchtern jedoch zu beachten, dass ggf. von den Durchwuchspflanzen ein – wenn auch geringeres – Auskreuzungspotenzial für Nachbarschläge ausgeht und daher Durchwuchs stets reguliert werden sollte.

Ernte:

Bedingt durch die Technik der Mähdrescher, die sich in den vergangenen 50 Jahren nicht grundlegend geändert hat, verbleibt ein nennenswerter Anteil der Ernte (ca. 20 – 30 kg) im Tank, der zu einer GV-Verunreinigung bei der Ernte des nachfolgenden konventionellen Schlages führen kann. Dies ist besonders bei kleinen Schlägen und feinkörnigem Erntegut (z.B. Raps) zu beachten. Aufgrund der kurzen Zeitspanne, in der die Ernte einer Kulturart erledigt werden muss, und des enorm hohen Aufwandes, den eine vollständige Reinigung eines Mähdreschers erfordert, ist bei Zunahme des GVP-Anbaus die Nutzung getrennter Mähdrescher entweder für GV oder NGV bzw. die zeitlich gestaffelte Ernte von GVP nach NGVP oder umgekehrt zu erwägen. Alternativ wäre es möglich, die erste Tankfüllung des Mähdreschers bei NGVP-Ernte nach GVP-Ernte separat zu nutzen oder der GVP-Ernte zuzugeben.

Lagerung und Transport:

Für Lagerung und Transport fordert die GenTPflEV explizit eine strikte Trennung von GVP und NGVP. Der Transport von Erntegut hat in geschlossenen Behältern stattzufinden. Was genau der Terminus „geschlossen“ dabei bedeutet, ist nicht näher spezifiziert. Die derzeit genutzten Transportfahrzeuge sind für die sichere Vermeidung von Verlusten insbesondere bei feinkörnigen Samen wie Raps nicht ausgelegt, wie die Rapsvorkommen an Weg- und Straßenrändern sowie entlang von Autobahnen deutlich belegen.

Schlussfolgerungen

Die Koexistenz ist im Rahmen der landwirtschaftlichen Erzeugung mit zusätzlichem Aufwand (z.B. Informationspflicht, Flächenabstimmung mit Nachbarn) und höheren Kosten verbunden, deren Höhe derzeit jedoch noch nicht exakt kalkulierbar ist. Für die fachlich fundierte Ausgestaltung einer GfP des GV-Anbaus unterschiedlicher Kulturarten ist die baldige Einigung auf EU-weit geltende Saatgutschwellenwerte besonders wichtig. Für kleinstrukturierte Agrarräume ist außerdem die Prüfung von Koexistenzmaßnahmen bedeutsam, die sich zur Reduzierung oder Kompensation von Mindestabständen eignen. Hierbei können praxisbegleitende Studien sehr hilfreich sein.

Literatur

- Cruz de Carvalho P., F. Alfarroba 2006: Coexistence between genetically modified, conventional and organic crops. Lissabon, Ministry of Agriculture, Rural Development and Fisheries, Directorate General for Crop Protection, Status Report for 2006, S. 1-59. http://www.biosicherheit.de/pdf/is_koex/ministero_da_agricultura_koex-studie_pt2006.pdf
- James C. 2009: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA: Ithaca, NY.
- Langhof M., B. Hommel, A. Hüsken, J. Schiemann, P. Wehling, R. Wilhelm, G. Rühl 2008: Coexistence in maize: Do non-maize buffer zones reduce gene flow between maize fields? *Crop Sci.* 48:305-316.
- Langhof, M., B. Hommel, A. Hüsken, C. Njontie, P. Wehling, R. Wilhelm, und G. Rühl 2009: Pollen-mediated gene flow in maize: effect of GM maize field depth and effectiveness of non-GM maize border rows at the GM field edge. *Proc. 4th GMCC*, Nov 10-12.
- Langhof M., B. Hommel, A. Hüsken, C. Njontie, J. Schiemann, P. Wehling, R. Wilhelm, G. Rühl 2010: Coexistence in maize: Isolation distance in dependence on conventional maize field depth and separate edge harvest. *Crop Sci.* 50:1496-1508.
- Messeguer J., G. Penas, J. Ballester, M. Bas, J. Serra, J. Salvia, M. Palau-delmas, E. Mele 2006: Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnol. J.* 4:633-645

Koexistenz aus ökologischer Perspektive

Beatrix Tappeser, Frauke Grimm, Thomas Meise, Mathias Otto, Wolfram Reichenbecher, Hanka Teichmann und Birgit Winkel

Einleitung

Das Potenzial der Ausbreitungs- und Etablierungsfähigkeit transgener Pflanzen ist hauptsächlich durch die Biologie der Empfängerpflanze bestimmt. Allerdings können beabsichtigte Eigenschaften wie Stress- oder Schädlingsresistenz, aber auch unbeabsichtigte Eigenschaften, die durch die gentechnische Veränderung hervorgerufen werden, beispielsweise erhöhte Frosttoleranz oder vermehrter Samenansatz (Snow et al. 2002) zu einem Fitness-Vorteil von GV-Pflanzen führen, der dann auch ihre Koexistenzfähigkeit beeinflussen kann. Neben den eher agronomisch ausgerichteten Fragen zu Einkreuzungswahrscheinlichkeiten und Isolationsabständen stellen sich aus ökologischer Perspektive noch einige weitere Fragen. Dazu gehören die Einkreuzungsmöglichkeiten in (Wild-)Verwandte, der Themenkomplex Bestäuber, Bienen und Honig sowie eine Pollenexposition von Nichtzielorganismen. Die Aufnahme und der Eintrag von Pollen in den Bienenstock und damit möglicherweise auch Honig werden unter Koexistenzgesichtspunkten

Tab.1: Typisierung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen anhand des Charakters ihrer ökologischen Interaktionen

Charakteristika	Invarianztyp	Persistenztyp	Emissionstyp	Dispersionstyp
Räumliche Reichweite der Interaktionen	auf aktuelle Anbauflächen beschränkt	auf Anbauflächen beschränkt	Reichweite bestimmbar	Reichweite nicht bestimmbar, Verbreitung und Auskreuzung nicht kontrollierbar, Verbreitung erfolgt eigen-dynamisch, auch außerhalb der Anbauflächen
Zeitlicher Horizont der Interaktionen	auf die aktuelle Vegetationsperiode beschränkt	mittelfristig, einige Jahre persistierend	Mittelfristig, Konzentrations-abhängige Wirkungen, die mit der Zeit nachlassen	Potenziell langfristig, Verstärkung der Effekte mit der Zeit möglich
Überwachungsinstrumente	Gute fachliche Praxis ausreichend	Gute fachliche Praxis ausreichend	klassisches Methoden-repertoire der Risikoforschung (Chemikalienausbreitung) anwendbar	klassische Konzepte sind nicht ausreichend
Reversibilität	reversibel	langfristig reversibel	potenziell reversibel	nicht rückholbar
Beispiele	--	<i>Amf.</i> -Kartoffel	<i>B.t.</i> -Mais	HR-Raps

meist ausgeblendet. Daneben können Bestäuber beim Eintrag von „Transgenen“ in Wildpflanzen eine Rolle spielen (z.B. Raps) und es stellt sich hier die Frage nach einer „ökologischen“ Koexistenz. Auch ein Polleneintrag z. B. in Schutzgebiete soll hier unter den Aspekten einer ökologischen Koexistenz angesprochen werden, auch wenn es dabei nicht um mögliche Einkreuzungen, sondern eine möglicherweise

wiederholte Exposition von Organismen und Lebensgemeinschaften geht, die gesetzlich unter besonderen Schutz gestellt sind (FFH-Richtlinie).

Aufgrund des Ausbreitungspotenzials der Empfängerpflanze typisierten Menzel et al. (2005) gentechnisch veränderte Pflanzen (Tab. 1). Demnach ist keine der derzeit auf dem Markt befindlichen Pflanzen dem Invarianztyp, der auf die aktuelle Anbaufläche und die Vegetationsperiode beschränkt und reversibel ist, zuzuordnen.

Persistenz und Verbreitung

Kartoffeln sind im Hinblick auf die räumliche Reichweite ökologischer Wirkungen dem Persistenztyp zuzuordnen. Eine langfristige Etablierung der Kartoffel ist unter mitteleuropäischen Klimabedingungen unwahrscheinlich (Sukopp und Sukopp 1993). Gelegentlich treten Kartoffelpflanzen außerhalb von Anbauflächen auf. Sie können sich dort aber nur begrenzte Zeit an Standorten wie Wegrändern, Ruderalflächen oder Kanalufeln halten (de Vries et al. 1992, Rothmaler 2002). Die Samen durchlaufen eine halb- bis zweijährige Dormanz und bleiben im Boden im Freiland mindestens 7 Jahre keimfähig (Lawson 1983). Ein Teil der Samen behält seine Keimfähigkeit auch nach starken Frösten (Becker et al. 2005). Kartoffeln sind vorwiegend Selbstbestäuber; Kartoffelpollen können jedoch auch durch Insekten und Wind übertragen werden (Andersson und de Vicente 2010).

Allgemein kann man sagen, dass eine Auskreuzungsrate von annähernd null bei Abständen von über 20 m erreicht wird, wobei zu bedenken ist, dass die Möglichkeit einer Auskreuzung in größerer Entfernung – wenn Pollen übertragende Käfer vorhanden sind – nicht auszuschließen ist (Skogsmyr 1994).

Mais wird nach Menzel et al. (2005) dem Emissionstyp zugeordnet, da ein Pollenaustrag in einer bestimmbarer Reichweite stattfindet und seine Nutzung potenziell reversibel ist. Maiskörner sind frostempfindlich und bleiben unter deutschen Klimaverhältnissen im Boden, abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit, nicht länger als 24 Monate lebensfähig.

Mais hat eine Fremdbefruchtungsrate von ca. 95 %. Die Befruchtung erfolgt hauptsächlich durch Wind. Pro Blüte entwickeln sich im Schnitt 10.000 Pollen, pro Blütenstand ca. 18 Mio. Pollenkörner (Düll und Kutzelnigg 1994) oder sogar bis zu 50 Mio. (siehe Feil und Schmid 2001). Nach Hofmann et al. (2008) waren 120 m vom Maisfeld entfernt noch 99.000 Maispollen/ m² nachweisbar. Bei 1.000 m Abstand ist im Mittel noch mit 28.000 Maispollen/m² zu rechnen. Bis zu 98 % der Maispollen geht in einem Radius von 25 bis 50 m nieder (siehe Eastham und Sweet 2002). Bodennah kann der Pollen mindestens 800 m weit getragen werden (Treu und Emberlin 2000). Feil und Schmidt (2001) zitieren Studien, die Auskreuzungen in einem geringen Maße (0,1 % - 0,3 % bzw. < 0,1 %) auch noch in 500 m bzw. 600 m nachgewiesen haben.

Raps ist dem Dispersionstyp zuzuordnen. Er ist bezüglich seiner Reproduktionsrate und Ausbreitungsbiologie ein typischer r-Strategie. Unter günstigen Bedingungen produziert Raps 2000 bis 3000 Samen pro Pflanze (Cramer 1990), die polychor sind, d.h. unter Nutzung verschiedener Vektoren, ausgebreitet werden. Raps ist in der Lage, neue Lebensräume mit variablen Bedingungen zu besiedeln, wobei die Größen der einzelnen Populationen starken Schwankungen unterworfen sind und er als einjährige bzw. winterannuelle Art wenig konkurrenzstark ist. Rapsamen sind winterfest, nach Schlink (1994) bis minus 20 Grad Celsius, nach Renard et al. (1993) bis minus 30 Grad Celsius. Samen können unter ungünstigen Umweltbedingungen (z.B. Trockenheit) eine sekundäre Dormanz ausbilden, durch die die Keimfähigkeit

zunächst gehemmt wird und längerfristig erhalten bleibt. So kann der Rapssamen bis zu 15 Jahre im Boden überdauern (Lange 1985, zit. nach Schlink 1994, Gerdemann-Knörck und Tegeder 1997).

Der Samen kann sowohl durch Tiere als auch den Menschen ausgebreitet werden. Das Anhaften von Diasporen an der Körperoberfläche (Epizoochorie), etwa im Fell oder "Dreck" zwischen den Klauen von größeren Säugetieren, könnte eine Rolle spielen. Der Rothirsch beispielsweise legt bei seinen Wanderungen Strecken von über 80 km, beim saisonalen Einstandswechsel Strecken von bis zu 40 km und im Rahmen der täglichen Raumnutzungsroutine Strecken von bis zu 5 km zurück. Dabei nutzt er ebenso wie Wildschweine Rapsschläge als Deckungs- und Nahrungsressource (Tillmann und Reck 2003, Briedermann 1990). Menschliche Aktivitäten spielen bei der Ausbreitung von Raps vermutlich die größte Rolle. Rapssamen gehen vielfach bei Aussaat und Ernte entlang der Transportwege verloren. Die Ausbreitung von Raps infolge von Transportverlusten und Verschüttung ist in Japan höher als erwartet wurde. Entdeckte gv-Rapspflanzen besaßen teilweise eine Zweifachresistenz gegen die herbiziden Wirkstoffe Glyphosat und Glufosinat (Präparate Roundup und Basta), obwohl kein zweifach resistenter HR-Raps kommerziell angebaut wird. Außerdem wurde beobachtet, dass der HR-Raps aufgrund der milden Winter in Japan mehrjährig wurde und in Form eines buschigen Baums wuchs (Saji et al. 2005). Rapspflanzen können spontane – und zum Teil dauerhafte – Vorkommen außerhalb der Anbauflächen bilden (Garnier und Lecomte 2006). Sie sind außerhalb von Kulturlflächen weit verbreitet und kommen auch weit entfernt von diesen häufig vor. Messéan et al. (2007) berichten von transgenem Raps im Erntegut französischer Agrarlandschaften, der durch Auskreuzung in Nachbarfelder und Durchwuchs über einen Zeitraum von 3-8 Jahren bis zu 18 % Beimischung enthielt.

Auch die **Zuckerrübe** ist dem Dispersionstyp zuzuordnen. Zuckerrüben sind zweijährige Pflanzen. Das generative Wachstum von Zuckerrüben würde nach entsprechender Vernalisation im zweiten Vegetationsjahr mit der Bildung blütenbildender Stängel (Schosser) erfolgen. Allerdings können sich auch (Wahrscheinlichkeit < 0,05 %) bereits im ersten Vegetationsjahr bei kühler Witterung durch genetische Konstitution oder ungünstige Witterungsbedingungen während der Samenreife Schosser bilden. Nach unzureichender Schosserregulierung in einer Vegetationsperiode ist der resultierende Samenvorrat im Boden ohne Hinzukommen neuer Samen selbst nach etwa zehn Jahren noch nicht endgültig erschöpft (May 2009). Beim Anbau von Kulturrüben kann es neben einem (generativen) Genfluss über Pollen grundsätzlich auch zu einer Überdauerung von vegetativen Pflanzenteilen über die Vegetationsperiode hinaus kommen, die nach Vernalisation über Winter grundsätzlich in der Lage sind, in die generative Phase überzugehen und über die anschließende Blüte einen Genfluss zu ermöglichen.

Auskreuzung in verwandte Arten

Raps ist prinzipiell selbstfertil. Rapspollen können durch Insekten oder durch Wind über weite Entfernungen transportiert werden. Über den Pollen kann vertikaler Gentransfer in Kulturraps und verwandte Wildarten erfolgen. Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass es in der Praxis zu Genfluss innerhalb von Raps über Hunderte von Metern bis zu mehreren Kilometern kommen kann (Eastham und Sweet 2002, Rieger et al. 2002). Befruchtungsraten von bis zu 5 % bei einer Distanz

von 4 km (Thompson et al. 1999), sowie bis zu 5,8 bzw. 3,1 % in Entfernung in 5 und 26 km (Ramsay et al. 2003) sind belegt. Der Review-Artikel von Andersson und de Vicente (2010) fasst einige relevante Studien zur Pollenverbreitung und Auskreuzungsrate von Raps zusammen.

Mehrfach resistenter HR-Rapsdurchwuchs wurde in Kanada an allen 11 daraufhin untersuchten Standorten gefunden (Beckie et al. 2001). **Raps** ist mit verschiedenen in Mitteleuropa vorkommenden Kulturpflanzen- und Wildpflanzenarten aus der Familie der Kohlgewächse (*Brassicaceae*) eng verwandt und kann mit mehreren dieser Arten (*Brassica rapa* (Rüben-Kohl, Rübsen), *Brassica juncea* (Senfkohl, Sareptasenf), *Hirschfeldia incana* (Bastardsenf, Grausenf), *Raphanus raphanistrum* (Hederich)) nach Hybridisierung fertile Nachkommen bilden (u. a. Scheffler und Dale 1994, Lefol et al. 1996, 1997, Warwick et al. 2003, Chèvre et al. 2004). Publikationen aus der jüngeren Zeit berichten über die Auskreuzung von transgenem Raps u. a. in Rübsen (*Brassica rapa*), Ackersenf (*Sinapis arvensis*) und in Gemüsekohl (*Brassica oleracea*) (Halfhill et al. 2004, Daniels et al. 2005, Ford et al. 2006). Verwandte Wildpflanzen kommen auf segetalen und ruderalen Standorten vor. Raps und verwandte Wildarten haben ihre Ursprungsgebiete in Europa.

Zuckerrüben sind selbstinkompatibel, allerdings existieren selbstfertile Pflanzen in nahezu jeder Population. Die Anzahl der Pollen von fertilen Zuckerrüben wird auf > 500 Millionen Pollen pro vollfertiler Pflanze (Schneider 1942), das sind etwa 2,5 Billionen Pollen pro ha, geschätzt. Die **Zuckerrübe** ist mit allen Unterarten von *B. vulgaris* (Kultur- und Wildformen) untereinander kreuzbar. Eine interspezifische Kreuzung zwischen Kulturrüben und anderen Wildrüben ist nur mit Arten der Sektion Beta möglich. Hier ist aufgrund des geographisch relativ begrenzten Vorkommens der Wildarten *B. vulgaris* ssp. *adanensis*, *B. macrocarpa* und *B. patula* in Europa in diesem Kontext hauptsächlich die Wildart *B. vulgaris* ssp. *maritima* (Wildrübe) als potenzieller Kreuzungspartner von Kulturrüben zu berücksichtigen.

Kartoffeln und **Mais** haben in Europa keine kreuzbaren Wildverwandten.

Fazit

Das Risiko von Überdauerung und Invasivität sowie das Potenzial zur Verunkrautung bestehen hauptsächlich für Pflanzen des sog. Dispersionstyps wie Raps und Zuckerrübe. Diese können ausdauernde Samenbanken bilden. Eine räumliche und zeitliche Begrenzung von gv-Raps und auch gv-Zuckerrüben, wenn nicht eine sehr sorgfältige Schosserentfernung stattfindet, auf die Anbauflächen kann nicht sicher gewährleistet werden. Die Einkreuzung von Transgenen in Kulturpflanzen derselben Art ist neben dem Koexistenzaspekt, d.h. der Vermeidung von Verunreinigungen konventioneller und ökologischer Lebens- und Futtermittel, bedeutsam unter dem Aspekt der Erhaltung der agrargenetischen Ressourcen und zwar insbesondere dort, wo die Ursprungszentren dieser Arten und die sekundären Zentren ihrer biologischen Vielfalt liegen. Eine ökologische Koexistenz ist für Arten mit kreuzbaren Verwandten in Europa ebenfalls nicht (Raps) oder nur schwer (Zuckerrübe) zu gewährleisten.

Literatur

- Andersson M.S., de Vicente M.C. 2010: Potato (*Solanum tuberosum* L.). In: Gene flow between crops and their wild relatives. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 361-392.
- Bartsch D., M. Lehnen, J. Clegg, M. Pohl-Orf, I. Schuphan, N.C. Ellstrand 1999: Impact of gene flow from cultivated beet on genetic diversity of wild sea beet populations. *Mol. Ecol.* 8: 1733–1741.
- Bartsch D., M. Schmidt 1997: Influence of sugar beet breeding on populations of *Beta vulgaris* ssp. *maritima* in Italy. *J. Veget. Sci.* 8: 81–84.

- Becker R., Malt S., Platen R., Ulrich A. 2005: Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 78 S. + Anhang (BfN-Skripten 130).
- Beckie H.J., Hall L.M., Warwick S.I. 2001 Impact of herbicide-resistant crops as weeds in Canada. Proceedings Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Farnham, Surrey, Vol 1: 135-142.
- Briedermann L. 1990: Schwarzwild – Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Boudry P., M. Mörchen, P. Saumitou-Laparde, P. Vernet, H. Van Dijk 1993: The origin and evolution of weed beets: consequences for the breeding and release of herbicide-resistant transgenic sugar beets. *Theor Appl Genet* 87: 471–478.
- Briedermann L. 1990: Schwarzwild. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- Chèvre A.-M., Ammitzbøll H., Breckling B., Dietz-Pfeilstetter A., Eber F. et al. 2004: A Review on Interspecific Gene Flow from Oilseed Rape to Wild Relatives. In: Nijs H.C.M. den, Bartsch D., Sweet J. (eds.) *Introgression from Genetically Modified Plants into Wild Relatives*. CABI Publishing, Wallingford, p. 235-251.
- Cramer N. (1990): Raps. Züchtung – Anbau und Vermarktung von Körnerraps. Ulmer, Stuttgart.
- Daniels R., Boffey C., Mogg R., Bond J., Clarke R. 2005: The potential for dispersal of herbicide tolerance genes from genetically modified herbicide-tolerant oilseed rape crops to wild relatives. Final report to DEFRA. Dorset, UK. http://www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg_1-5-151.pdf.
- De Vries F.T., van der Meijden R., Brandenburg W.A. 1992: Botanical files - A study of the real chances for spontaneous gene flow from cultivated plants to the wild flora of the Netherlands. *Gorteria* 1, Offsetdrukkerij Kanters B V, Alblasterdam, p. 77-79.
- Düll R., Kutzelnigg H. 1994: Botanisch-ökologisches Exkursionstaschenbuch. Quelle und Meyer Heidelberg, Wiesbaden.
- Eastham K., Sweet J. 2002: Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. European Environment Agency (eds.), Copenhagen. http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en.
- Feil B., Schmid J.E. 2001: Pollenflug bei Mais, Weizen und Roggen – ein Beitrag zur Frage der beim Anbau von transgenen Kulturpflanzen erforderlichen Isolierabstände. -Shaker Verlag, Aachen, S. 69.
- Fénart S., F. Austerlitz, J. Cuguen, J.F. Arnaud 2007: Long distance pollen-mediated gene flow at a landscape level: the weed beet as a case study. *Mol Ecol* 16: 3801–3813.
- Ford C.S., Allainguillam J., Grilli-Chantler P., Cuccato G., Allender C.J., Wilkinson M.J. 2006: Spontaneous gene flow from rapeseeds (*Brassica napus*) to wild *Brassica oleracea*. *Proc. R. Soc. B.* 1-5, published online.
- Garnier A., Lecomte J. 2006: Using a spatial and stage-structured invasion model to assess the spread of feral populations of transgenic oilseed rape. *Ecological Modelling* 194: 141-149.
- Gerdemann-Knörck M., Tegeder M. (1997): Kompendium der für die Freisetzungen relevanten Pflanzen, hier: Brassicaceae, *Beta vulgaris*, *Linum usitatissimum*. - Berlin (Umweltbundesamt) - Texte 38/97. <http://www.biosicherheit.de/projekte/74.proj.html>.
- Halfhill M.D., Zhu B., Warwick S.I. 2004: Hybridization and backcrossing between transgenic oilseed rape and two related weed species under field conditions. – *Environmental Biosafety Research* 3: 73-81.
- Hofmann F., Janicke L., Janicke U., Wachter R., Kuhn U. 2008: Ausbreitung von Maispollen unter Worst-Case-Annahmen: Analyse, Modellierung und Vergleich mit Freilandmessdaten. Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. 41 Seiten.
- Hoyle M., J. Cresswell 2007: The effect of wind direction on cross-pollination in wind-pollinated GM crops. *Ecological Applications* 17: 1234–1243.
- Lavigne C., E.K. Klein, D. Couvet 2002: Using seed purity data to estimate an average pollen mediated gene flow from crops to wild relatives. *Theor Appl Genet* 104: 139-145.
- Lawson H.M. 1983: True potato seeds as arable weeds. *Potato Research* 26: 237-246.
- Lefol E., Danielou V., Darmency H. 1996: Predicting hybridization between transgenic oilseed rape and wild mustard. *Field Crop Res.* 45: 153-161.
- Lefol E., Seguin-Swartz G., Downey K. 1997: Sexual hybridization in crosses of cultivated *Brassica* species with the crucifers *Erucastrum gallicum* and *Raphanus raphanistrum*: Potential for gene introgression. *Euphytica* 95: 127-139.
- Lehnert J. 2007: Heute Schosser, morgen Unkrautrübe. *Die Zuckerrübenzeitung* 4: 10–11.
- May M. 2009: Control of weed beet and bolters. *Sugar Beet Rev* 77(2): 34–35.

- Menzel G., Lünsmann I., Middelhoff U., Breckling B., Schmidt G., Tillmann J., Windhorst W., Schröder W., Filser J., Reuter H. 2005: Gentechnisch veränderte Pflanzen und Schutzgebiete - Wirksamkeit von Abstandsregelungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 10: 1-164.
- Messéan A., Sausse C., Gasquez J., Darmency H. 2007: Occurrence of genetically modified oilseed rape seeds in the harvest of subsequent conventional oilseed rape over time. *Europ. J. Agronomy* 27: 115-122.
- Ramsay G., Thompson C., Squire G. 2003: Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. Final Report of DEFRA Project RG0216: An experimental and mathematical study of the local and regional scale movement of an oilseed rape transgene.
- Renard M., J.H. Louter, L.H. Duke 1993: Oilseed Rape. In: *Traditional crop breeding practices: An historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology*. OECD Paris, p. 147-157.
- Rieger M.A., Lamond M., Preston C., Powles S.B., Roust R.T. 2002: Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. *Science* 296, 2386-2388.
- Rothmaler W. 2002: *Exkursionsflora von Deutschland*. Bd. 4: Gefäßpflanzen: Kritischer Band. – Begr. von W. Rothmaler. E.J. Jäger, K. Werner (Hrsg.) 9. Aufl., Spektrum Akad. Verl., Heidelberg: 948 S.
- Saji H., Nakajima N., Aono M., Tamaoki M., Kubo A., Wakiyama S., Halase Y., Nagatsu M. 2005: Monitoring the escape of transgenic oilseed rape around Japanese ports and roadsides. *Environ. Biosafety Res.* 4: 217-222.
- Scheffler J.A., Dale P.J. 1994: Opportunities for gene transfer from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*) to related species. – *Transgenic Res.* 3: 263-278.
- Schlink S. 1994: *Ökologie der Keimung und Dormanz von Körnerraps (Brassica napus L.) und ihre Bedeutung für eine Überdauerung der Samen im Boden*. Dissertationes Botanicae 222, Cramer Verlag, Berlin.
- Schneider F. 1942: Züchtung der Beta-Rüben. In: *Handbuch der Pflanzenzüchtung*. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Snow A., Pilon D., Rieseberg L., Paulsen M., Pleskac N., Reagon M., Selbo S., Wolfe D. 2002: Effects of a Bt Transgene on Herbivory and Fecundity in BC1 Wild Flower (*Helianthus Annuus*). Oral Session 78: Herbivory: Effects on Plants. Ecological Society of America.
- Soukup J., J. Holec, P. Vejl, S. Skupinová, P. Sedlák 2002: Diversity and distribution of weed beet in the Czech Republic. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII*: 67–74.
- Sukopp U., Sukopp H. 1993: Das Modell der Einführung und Einbürgerung nicht einheimischer Arten. Ein Beitrag zur Diskussion über die Freisetzung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen. *Gaia* 2(5): 267-288.
- Tillmann J.E., Reck H. 2003: Zur Rolle des Rothirsches (*Cervus elaphus L.*) im Ökosystem und Empfehlungen für sein Management in Schleswig-Holstein. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Natur und Landwirtschaft und der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein.
- Thompson C.E., Squire G., Mackay G.R., Bradshaw J.E., Crawford J., Ramsay G. 1999: Regional patterns of gene flow and its consequences for GM oilseed rape. In: Lutman P.J.W. (ed.) *Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops*. Proceedings of a symposium Held at University of Keele, Staffordshire, April 12-14, 1999. BCPC Symposium Proceedings 72 (British Crop Protection Council [BCPC]: Farnham, UK), p. 95-100.
- Treu R., Emberlin J. 2000: Pollendispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oilseed rape (*Brassica napus ssp. oleifera*) Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris ssp. Vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*). A report for the Soil Association from the National Pollen Research Unit. Worcester.
- Warwick S.I., Simard M.J., Légère A., Beckie H.J., Braun L. et al. 2003: Hybridization between transgenic *Brassica napus L.* and its wild relatives: *Brassica rapa L.*, *Raphanus raphanistrum L.*, *Sinapis arvensis L.*, and *Erucastrum gallicum (Willd.) O.E. Schulz*. *Theor. Appl. Genet.* 107: 528-539.
- Yoshida S., Maruyama S., Nozaki H., Shirasu K. 2010: Horizontal Gene Transfer by the Parasitic Plant *Striga hermonthica*. *Science* 328(5982): 1128.
- Yoshimura Y., Beckie H.J., Matsuo K. 2006: Transgenic oilseed rape along transportation routes and port of Vancouver in western Canada. *Env. Biosafety Res.* 5: 67-75.

Pflanzenbau der Zukunft

Thomas Christen

Einleitung

Globale demographische Trends beschreiben steigendes Bevölkerungswachstum in Verbindung mit ansteigenden Lebensstandards. Daneben gibt es eine weiter ansteigende Nachfrage nach Energie, darunter auch Bioenergie. Diese grundlegenden Entwicklungstendenzen sind wesentliche Parameter für die Ausrichtung des Pflanzenbaus in der Zukunft, durch den die steigende Nachfrage nach Agrarrohstoffen abgedeckt werden muss. Dabei gilt es mehr denn je, die zunehmend knappen Ressourcen von fruchtbarem Boden und Wasser, möglichst effizient einzusetzen, um dabei den künftigen Markterfordernissen auch gerecht zu werden.

Material und Methoden

Die zunehmende Knappheit des Produktionsfaktors Boden spiegelt sich bereits heute in der ansteigenden Investitionsbereitschaft internationaler Unternehmen wider. Die Flächenzukäufe von Firmen wie KTG Agra in Litauen und Ostdeutschland sowie Investments von Black Earth Farming in Russland sind Beispiele dafür. Beim Anbau der Feldfrüchte auf der knapper werdenden Fläche ist die relative Vorzüglichkeit von Fruchtfolgen maßgeblich. Bei der Intensität der Pflanzenproduktion ist dabei wiederum die Abhängigkeit von den Commodity Preisen gegeben. Auch künftig regeln hier Angebot und Nachfrage den Preis. Zunehmend nimmt aber die exponentiell ansteigende Entwicklung global vernetzter Informationssysteme, die auch über Wirtschaftssektoren hinausgehen, wesentlichen Einfluss auf die Erzeugerpreise. Die volatilen Märkte im Marktfruchtbausektor, ausgelöst durch die Bankenkrise in 2008, sind dafür ein reales Beispiel.

Im Vergleich zu anderen Industrien gehört der landwirtschaftliche Sektor aber dennoch auch weiterhin zu den sicheren Wirtschaftsbereichen, auch in Zeiten volatiler Märkte. Das belegt die historisch, selbst über mehrere Dekaden, relativ stabil bleibende Wachstumsrate des landwirtschaftlichen Sektors innerhalb des Bruttoinlandsprodukts.

Eine stabile Wachstumsrate ist jedoch nicht selbstverständlich und muss immer wieder aufs Neue erarbeitet werden. Als Basis für einen ertragreichen Marktfruchtbau wird es auch in Zukunft dafür wesentlich sein, den züchterischen Fortschritt zu erzielen und den Ertrag durch neue innovative Pflanzenschutzmittel abzusichern. Dabei ist nachhaltige Forschung z. B. im Pflanzenschutz vor allem auch deswegen notwendig, weil natürliche Anpassungsmechanismen in Form von Resistenzen zur nachlassenden Wirksamkeit bekannter Substanzen führen. Für die Bereitstellung künftiger hochwirksamer Pflanzenschutzmittel wird daher heute schon in Forschung, Produktionsanlagen und damit auch Arbeitsplätze investiert.

Pflanzenschutz und Pflanzenbiotechnologie sind zunehmend supplementär für den Pflanzenbau der Zukunft. Durch den Einsatz moderner Pflanzenbiotechnologie wird eine Entwicklung von Nutzpflanzen für eine effiziente Landwirtschaft, eine gesündere Ernährung sowie für die Nutzung als Nachwachsende Rohstoffe ermöglicht. Ein aktuelles Beispiel dafür ist die Amflora-Kartoffel, die reine Amylopektin – Stärke

bildet. Die Stärke findet Ihre Verwendung bei der Produktion von glänzendem Papier oder auch reißfestem Garn. Die Effizienzsteigerung in diesem Beispiel zeigt sich in Energie- und Rohstoffeinsparung.

Ergebnisse und Diskussion

Die Möglichkeiten eine weiter steigende Weltbevölkerungszahl zu ernähren sind spätestens seit Thomas Malthus (1766 – 1834) immer wieder kritisch diskutiert worden. Lösungen sind dabei in Innovationen zu finden. So wird der Pflanzenbau der Zukunft ein Arbeitsgebiet für hervorragend ausgebildete Landwirte sein, die es verstehen, innovative, nachhaltige Lösungen in zunehmend globalisierten Märkten unternehmerisch erfolgreich zu vermarkten.

Literatur

USDA FAS 2008 AMIS Forecast Crop Report 2008, OECD-FAO Agricultural Outlook 2008 – 2017, Ban Ki-Moon UN-Generalsekretär, USDA National Agricultural Statistics Service and World Agricultural Supply and Demand Estimates 2008, Thomas Malthus, An Essay on the Principle of Population 1798

Herbicides affect yield, physiology and polyphenols in artichoke leaves (*Cynara cardunculus* L.)

Sajid Ali

Introduction

Artichoke (*Cynara cardunculus* L.) a cross-pollinated and highly heterozygous plant of family *Asteraceae* is well adapted to xerothermic conditions of Southern Europe, typical conditions of semi arid areas of the Mediterranean environment (Moglia et al. 2008, Bianco 2005). In Germany artichoke is used for the production of medicines and dietary supplements since the 70's (Schilcher 1971). Artichoke leaf extract consists of several phenolic compounds namely 3, 4 and 5-caffeoylquinic acids, caffeic acids, 1, 3-dicaffeoylquinic acid (cynarin), luteolin 7-glucoside and luteolin (Seabra et al. 2002). It is considered hepatoprotective, anticarcinogenic (Clifford 2000), antioxidative (Brown and Rice-Evans 1998), and choleric. Biotic and abiotic stresses exert a considerable influence on the secondary metabolite pool in plants (Ksouri et al. 2007).

Due to rosette growth nature artichoke needs wide inter and intra row spaces, which may support the development of weeds and compete with the crop for nutrition and space. The useful method to control the weeds is the application of herbicides that are selective for artichoke. Different pre and post emergence herbicides are recommended for control of weeds in artichoke. Depending on dosage and application time herbicides possibly can have adverse effect on fluorescence ability of leaves as these may alter the chlorophyll content of the leaves, or may produce a layer on the leaves, which may lead to low photosynthetic yield (Miyazawa and Yahata 2006).

Keeping the importance of artichoke, weed control and impact of herbicides on its quality, following research study was conducted to investigate the effect of herbicides on physiology, leaf yield and polyphenols of artichoke (*Cynara cardunculus* L.).

Materials and Methods

The research study was carried out at the research station Gießen (50° 36' N and 8° 39' E, 158 m above sea level) in 2006-2008. The crop was sown manually in 75 cm wide rows where as intra-row spaces were maintained to be 25 cm. Cultivar Gobbo di Nizza from Italy was sown in 3.0 x 7.0 m plots in quadruplicated randomized complete block design (RCBD). Five post emergence herbicides i.e. Haloxypop (A), Phenmedipham (C1), Pyridate (C3), Quizalofop-P (A), Prosulfocarb (N) were used in 2006 and 2007, whereas four herbicides i.e. Carfentrazone (E), Rimsulfuron (B), Aclonifen (F3), Clomazone (F3) were added to these (exclusion of Haloxypop) in 2008 in comparison with mechanically weeded control. HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) classes A and N affect light processes, whereas B, C1, C3, E and F3 affect cell metabolism. Photosynthetic data i.e. chlorophyll fluorescence ($\mu\text{ mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ sec}^{-1}$) and electron transport rate ($\mu\text{ mol m}^{-2}\text{ sec}^{-1}$) were recorded periodically during both the growth phases of artichoke by means of Mini PAM (WALZ), under direct sunlight and dark adapted conditions. The Leaf 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).

Statistical package PIAF (Program for Statistical Evaluation of Field Trials) was used to check significance of the different treatments and least significance difference (LSD) test was used to compare different treatment means (α 0.05).

Results and Discussion

Experimental treatments affected dry matter yield of artichoke significantly for the experimental years 2006 and 2008, whereas this effect was found to be non significant for the year 2007, although slight differences in the dry matter yield were observed for this experimental year too (table 1). A different response of the herbicides was observed for different growth periods within the same year, where maximum dry matter yield was obtained in case of control (mechanical weed control) at the second harvest for all three years and this was statistically higher than that of all other experimental treatments for 2006 and 2008 and comparatively higher for 2007. Application of Phenmedipham and Rimsulfuron produced maximum dry matter yield ($t\ ha^{-1}$) during the first growth phases of 2007 and 2008, respectively. Pyridate produced minimum dry matter yield during first two years of experimentation, whereas Aclonifen Clomazone produced same results during 2008. Maximum dry matter yield obtained in case of control might be a result of mechanical weed control that on one hand gave the advantage of less competition for space and nutrients and on the other hand provided more aeration to the roots of artichoke and artificial mulch was also produced by it, which preserved moisture. It might also be thought that all the herbicides used during growth of artichoke suppressed the growth of artichoke more or less and artichoke crop was not able to recover against this stress fully till the end of the growing season. The adverse effect of Pyridate may be related to the mode of action of this herbicide as it inhibits photosynthesis at photosystem II. Pyridate inhibited the photosystem, perhaps for a specific period and artichoke thus remained behind in the accumulation of photosynthates and as a result produced lesser dry matter yield when compared with that of other experimental treatments. Lower dry matter yield obtained by the application of Aclonifen and Clomazone may be a result of the mode of action of this herbicides which inhibits the biosynthesis of carotenoids (unknown target) which are usually considered to perform two major functions in photosynthesis. They serve as accessory light harvesting pigments, extending the range of wavelengths over which light can drive photosynthesis, and they act to protect the chlorophyllous pigments from the harmful photodestructive reaction which occurs in the presence of oxygen.

Photosynthetic data recorded under direct sunlight and dark adapted conditions showed that Pyridate affected both chlorophyll fluorescence and ETR (electron transport rate) right after its application during both the growth phases of 2006 and

Table 1: Dry matter yield ($t\ ha^{-1}$) in relation to the experimental treatments during 2006-2008

Herbicides	2006		2007		2008	
	1 st cut	2 nd cut	1 st cut	2 nd cut	1 st cut	2 nd cut
Control ^{1,2}	2.22 a	4.29 a	3.67	2.45	3.63 a	5.73 a
Haloxfop ^{1,2}	1.13 b	3.06 bc	3.82	2.36	-	-
Carfentrazone ²	-	-	-	-	3.69 a	5.21 a
Phenmedipham ^{1,2}	1.27 b	3.24 b	4.14	2.06	3.48 a	4.58 ab
Pyridate ^{1,2}	1.01 b	2.09 d	3.93	1.91	3.67 a	3.98 bc
Quizalofop-P ^{1,2}	1.21 b	2.64 cd	3.86	2.10	3.66 a	5.54 a
Prosulfocarb ^{1,2}	1.08 b	2.81 c	3.79	1.99	3.70 a	5.46 a
Rimsulfuron ²	-	-	-	-	4.02 a	3.90 bc
Aclonifen ²	-	-	-	-	2.60 b	3.13 c
Clomazone ²	-	-	-	-	3.42 a	2.85 c
p value	0.0000	0.0000	0.9110	0.2985	0.0200	0.0000
LSD (0.05)	0.39	0.52	NS	NS	0.66	1.13

¹ 2006 and 2007

²2008

2007, showing minimum values obtained at one day after application (DAA) of herbicides in comparison with that of control. These went on decreasing till 2 DAA and then started increasing and reached closer to that of control showing the recovery of the artichoke against the adverse effects of this herbicide. The immediate adverse effect of Pyridate may be related to the mode of action of this herbicide, as this herbicide is absorbed by plants through leaves and prevents the production of D1-protein in photosystem II. Action of this herbicide is favored by warm and humid conditions. Chlorophyll fluorescence and ETR measured under direct sunlight and dark adapted conditions in 2008 showed that Clomazone affected chlorophyll fluorescence right after its application (1 DAA) and the effect went on increasing and was followed by adverse effects of Aclonifen and Rimsulfuron (appeared at 1 WAA). These adverse effects started decreasing from 3 WAA and it were almost normal (compared with control) at 4 WAA during first growth phase, whereas at this time it did not recover fully during second growth phase. Data regarding visual toxic symptoms on the leaves of artichoke also confirmed the results of photosynthetic measurements (data not presented).

Application of Pyridate as post emergence herbicide resulted in the production of minimum polyphenols during all the growth phases of artichoke in 2006-2008 with the exception of second growth phase 2006 and first growth phase 2008. Aclonifen led to reduction of polyphenols during the first growth phase in 2008. Differences in the accumulation of polyphenols in the leaves of artichoke may be related to the different modes of action of these herbicides. Leaves of artichoke were analyzed for polyphenols periodically, where leaf samples were collected 1 to 4 WAA (weeks after application) and at harvest for both growth phases during 2008. Minimum concentration of polyphenols in case of 4 weekly collected samples was observed in case of Aclonifen, whereas at harvest Carfentrazone showed minimal polyphenols in artichoke during the first growth phase. The findings of the second growth phase negate the idea obtained by the polyphenols analyses during the first growth phase that vegetative growth period of the crop was the reason for the low concentration of these compounds in the leaf. In case of application of individual herbicides during this growth phase, application of Aclonifen resulted in slightly lower values of polyphenols at 1 WAA, whereas in later analyses Pyridate was found to be the herbicide responsible for the lower concentration of polyphenols in artichoke leaves. Higher air temperature (16.6°C) during first growth phase than that of second growth

Table 2: Caffeoylquinic acids and flavonoids (% DM) in relation to the experimental treatments at second harvest during 2006-2008

Herbicides	Caffeoylquinic acids (% DM)			Flavonoids (% DM)		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Control ^{1,2}	3.27 c	3.81 a	2.46 b	1.19 b	1.17	0.96 cd
Haloxypop ^{1,2}	5.15 ab	3.52 ab	-	1.54 a	0.97	-
Carfentrazone ²	-	-	3.21 a	-	-	0.90 cd
Phenmedipham ^{1,2}	4.43 b	3.96 a	2.89 ab	1.65 a	1.07	0.87 d
Pyridate ^{1,2}	5.05 ab	3.67 ab	2.48 b	1.59 a	1.51	1.02 bcd
Quizalofop-P ^{1,2}	5.51 a	4.10 a	2.97 ab	1.18 a	2.25	1.45 a
Prosulfocarb ^{1,2}	5.09 ab	3.05 b	3.25 a	1.49 a	1.71	1.44 a
Rimsulfuron ²	-	-	3.17 a	-	-	1.09 abcd
Aclonifen ²	-	-	2.39 b	-	-	1.27 abc
Clomazone ²	-	-	2.52 b	-	-	1.36 ab
p value	0.0005	0.0052	0.0244	0.0012	0.3670	0.0116
LSD (0.05)	0.91	0.63	0.62	0.18	NS	0.37

¹ 2006 and 2007

² 2008

phase (12.4°C) along with growth period (109 days for first growth phase and 71 days for the second) might be a possible reason for this effect. Almost same amount of precipitation i.e. 179 mm and 186 mm was received for both growth phases, respectively.

Generally the investigations led to the following conclusions:

- Chlorophyll fluorescence measurement is a useful technique to detect the abiotic (herbicide) stress in artichoke leaves under field conditions.
- Secondary metabolites like polyphenols (CQAs and flavonoids) of artichoke leaves are generally affected by abiotic stress, which can be identified by HPLC analysis.
- Artichoke crop can recover against the adverse effect of the herbicides along with the development stages depending on the severity of herbicide stress and prevailing environmental conditions.

References

- Bianco V.V. 2005: Present situation and future potential of artichoke in the Mediterranean basin. *Acta Horticulturae* 681: 39–55.
- Brand N., F. Weschta 1991: Die analytische Bewertung der Artischocke und ihrer Praeparate. *Zeitschrift fuer Phytotherapie* 12: 15-21.
- Brown J.E., C. Rice-Evans: 1998. Luteolin-rich artichoke extract protects low-density lipoprotein from oxidation in Vitro. *Free Radical Res.* 29: 247-255.
- Clifford M. 2000: Chlorogenic acids and other cinnamates-nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1033-1043.
- Ksouri R., W. Megdiche, A. Debez, H. Falleh, C. Grignon, C. Abdelly 2007: Salinity effects on polyphenol content of antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maitima*, *Plant Physiol. Biochem.* 45: 244-249.
- Louda S.M., D. Kendall, J. Connor, D. Simberloff 1997. Ecological effects of an insect introduced from the biological control of weeds. *Science.* 277: 1088-1090.
- Miyazawa Y., H. Yahata 2006: Is the parameter electron transport rate useful as a predictor of photosynthetic carbon assimilation rate? *Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ.* 29: 23-53.
- Moglia A., S. Lanteri, C. Comino, A. Acquadro, R.D. Vos, J. Beekwilder 2008: Stress induced biosynthesis of dicaffeoylquinic acids in globe artichoke. *J. Agric. Food Chem.* 56: 8641-8649.
- Schilcher H. 1971: Cynarinbestimmung in Artischockenblaettern und Artischockenzubereitungen. *Scientia Pharmaceutica.* 39: 151-154.
- Seabra R., P. Valentao, F. Fereres, P. Andrade 2002: Phenolic profiles in the definition of natural products authenticity: cardoon versus artichoke profile. In *Natural Products in the New Millenium: Prospects and Industrial applications.* 47: 183-194.

Pathogen-Nährstoff-Interaktionen in der Kartoffel: Am Beispiel der Kraut- und Knollenfäule und der Stickstoffversorgung im ökologischen Anbau

Lars-Wilhelm Bangemann

Einleitung

Die Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) gehört zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln weltweit. Während in den Entwicklungs- und Schwellenländern der Fokus auf die Steigerung und Stabilisierung der Erträge gelegt wird, erhöht sich in Ländern mit gesicherter Nahrungsmittelversorgung der Bedarf nach einer ökonomisch sowie ökologisch nachhaltigen Produktion (Vreugdenhil et al. 2007). Innerhalb dieser Entwicklung ist auch der Anstieg der ökologischen Nahrungsmittelproduktion zu sehen.

Unabhängig von der Produktionsrichtung steht den Pflanzen weltweit eine Vielzahl abiotischer und biotischer Faktoren gegenüber, die das Wachstum der Kartoffel beeinflussen. So haben Stickstoff, Wasser und eine Vielzahl an Pathogenen entscheidenden Einfluss auf den Wachstumsverlauf und den Knollenertrag der Kartoffel. Diese Faktoren müssen unter Berücksichtigung der Sorte, der Bodenverhältnisse und der klimatischen Anbaubedingungen optimiert werden. Die Wechselwirkungen dieser ertragslimitierenden Faktoren sind noch nicht vollständig bekannt, dieses Wissen ist jedoch nötig, um integrierten Pflanzenbau zu ermöglichen.

In der dem Vortrag zugrunde liegenden Arbeit werden Möglichkeiten gezeigt, Wechselwirkungen von Nährstoffversorgung und Pflanzenpathogenen in Entscheidungsprozesse zu integrieren, die Pflanzenschutz und Anbaustrategien in Kartoffeln verbessern können. Als Beispiel wurde der Kraut- und Knollenfäule-Erregerkomplex (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) der Kartoffel im ökologischen Anbau ausgewählt, da die Produktion von ökologischen Kartoffeln in Europa aufgrund des Fehlens von alternativen Pflanzenschutzmitteln derzeit nicht ohne kupferhaltige Fungizide möglich scheint (Zarb et al. 2002). Aufgrund von ökologischen Bedenken sollte Kupfer als Pflanzenschutzmittel so effizient wie möglich eingesetzt werden, um den jährlichen Einsatz pro Flächeneinheit zu reduzieren. Da im ökologischen Landbau auch häufig eine Unterversorgung mit Stickstoff unterstellt wird (Karalus and Rauber 1996, van Delden 2001), ist die Kenntnis über die mögliche und aktuelle Ertragsentwicklung notwendig, um einen unangemessen hohen Einsatz von Kupferfungiziden zu vermeiden. Dies wiederum würde es erlauben, den Fungizideinsatz an das mögliche Ertragspotenzial anzupassen. Die zentrale Fragestellung der Arbeit ist daher: Kann eine dynamische Betrachtung der Ertragsentwicklung dazu beitragen, unnötige Fungizidanwendungen zu vermeiden?

Eine Möglichkeit der dynamischen Betrachtung des Ertragsaufbaues bietet das Konzept der Lichtnutzungseffizienz. Dies setzt allerdings voraus, dass die Effekte variierender N-Versorgung, des Krautfäulebefalls und mögliche Interaktionen dieser Faktoren auf die Lichtnutzungseffizienz bekannt sind.

Material und Methoden

Für eine Kausalanalyse der Effekte variierender N-Versorgung und des Krautfäulebefalls auf die Dynamik des Ertragsaufbaues wurden in den Jahren 2006-2008 Versuche am Standort Braunschweig angelegt. In einer dreifaktoriellen Spalt-

Streifenanlage wurden die Faktoren Sorte, N-Düngung und Krautfäulebehandlung und deren Interaktionen getestet. Zwei Sorten (sehr frühe Reifegruppe und mittelfrühe Reifegruppe) wurden unter vier verschiedenen Stickstoffversorgungsstufen (0-240 kg N/ha) jeweils mit und ohne Fungizidschutz angebaut. Innerhalb der Vegetationszeit wurden die Trockenmassebildung, die Trockenmasseverteilung und die Stickstoffgehalte der Pflanzen in den einzelnen Varianten zu sechs Terminen bestimmt. Weiterhin erfolgten Messungen der Blattflächenentwicklung (LAI) als auch der Strahlungsaufnahme während der Vegetation. Anhand der ermittelten Strahlungsaufnahme und der Trockenmasse wurde die Lichtnutzungseffizienz berechnet. Mittels Varianzanalyse wurden die Effekte und Interaktionen der Sorte, der N-Versorgung und der Fungizidbehandlung auf verschiedene Pflanzenparameter ausgewertet.

Auf der Datengrundlage dieser Versuche wurde ein Wachstumsmodell entwickelt und parametrisiert, um das potenzielle Kartoffelwachstum unter stickstofflimitierten Bedingungen darstellen zu können. Dieses Modell, basierend auf dem Konzept der Lichtnutzungseffizienz (Monteith 1977), ist mit einem Bodenstickstoff- und einem Bodenwassermodell verknüpft. Mit einem allometrischen Ansatz wird die Allokation der Trockenmasse auf Blätter und Stängel berechnet (Kage and Stützel 1999) und die Knollenwachstumsrate als Anteil an der Gesamtwachstumsrate ausgedrückt. Dadurch, dass die Knollenwachstumsrate die Gesamtwachstumsrate übersteigen kann, wird Seneszenz, u. a. durch den Abfluss von Assimilaten, von der oberirdischen Trockenmasse zu den Knollen simuliert. Der Einfluss der Stickstoffversorgung auf das Pflanzenwachstum wird mit einem Stickstoffernährungsindex (NNI, Belanger et al. 1992) berechnet. Dieser stellt die Relation der aktuellen Stickstoffkonzentration zu einer optimalen Stickstoffkonzentration dar. Im Anschluss an die Parametrisierung wurde das Modell anhand von drei Datensätzen validiert, die sowohl verschiedene Sorten als auch Stickstoffvarianten beinhalteten.

Ergebnisse und Diskussion

Die geprüften Faktoren und ihre Kombinationen erzeugten in den Versuchen eine deutliche Variabilität im Knollenenertrag. Eine Korrelationsanalyse zwischen dem Knollenenertrag und ausgewählten Pflanzenparametern lässt erkennen, dass vor allem die Pflanzenparameter, die die Blattflächendynamik charakterisieren (maximaler Blattflächenindex und Blattflächendauer), eng mit dem Knollenertrag korrelieren, hingegen nur eine geringe Korrelation zwischen der Lichtnutzungseffizienz (LUE) und dem Knollenertrag gefunden wurde.

Darauf aufbauend werden zwei Arbeitshypothesen entwickelt.

- 1: Die Krautfäule und N-Versorgung beeinflussen hauptsächlich die Blattflächendynamik.
- 2: Die LUE wird von der N-Versorgung und dem Krautfäulebefall nicht beeinflusst.

In der anschließenden Kausalanalyse wird gezeigt, dass sowohl die Stickstoffernährung als auch der Krautfäulebefall die Ausbildung von fotosynthetisch aktiver Blattfläche limitieren. Es werden signifikante Effekte der Faktoren N-Versorgung, Krautfäulebefall und Sorte auf die Parameter Blattflächenindex und Blattflächendauer beobachtet. Steigende Stickstoffversorgung erhöhen den Blattflächenindex, die Blattflächendauer und somit die aufgenommene Strahlungsmenge. Eine Dreifachinteraktion zwischen der Stickstoffversorgung, der Krautfäulebehandlung und der Sorte wird dargestellt. Der Krautfäulebefall reduziert den Knollenertrag durch die Zerstörung des Blattapparates. Dies hat zur Folge, dass sowohl der

Blattflächenindex, die Blattflächendauer als auch die Strahlungsaufnahme verringert werden. Dies bestätigt die erste Arbeitshypothese.

Eindeutige Wechselwirkungen zwischen steigendem Stickstoffversorgungsgrad, der Fungizidbehandlung, der Krautfäuleresistenz der Sorte und einem stärkerem Befallsverlauf wurden festgestellt. Bei unzureichendem Fungizidschutz wird ein deutlich schnellerer Krankheitsverlauf mit steigender Stickstoffversorgung beobachtet und die absoluten Ertragsverluste fallen dementsprechend höher aus (Juárez et al. 1999). Eine höhere Sortenresistenz kann diesen Effekt abmildern, indem der Befallsverlauf auch unter hoher Stickstoffversorgung verlangsamt wird.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen weiterhin, dass weder der Krautfäulebefall noch die variierende N-Versorgung die LUE signifikant beeinflussen. Daher sind direkte Auswirkungen der Krautfäule auf die Fotosynthese, wie sie z. B. von *Alternaria solani* bekannt sind (Shah et al. 2004), nicht zu erwarten. Die Effekte des Krautfäulebefalls auf die Ertragsentwicklung von Kartoffeln beruht vielmehr auf dem Verlust fotosynthetisch aktiver Blattfläche (van Oijen 1990), welcher durch ein besseres Mikroklima bei höherer N-Versorgung erhöht wird (Walters and Bingham 2007).

Somit kann auch die zweite Arbeitshypothese bestätigt werden und eine Modellierung des Pflanzenwachstums auf Basis der Lichtnutzungseffizienz durchgeführt werden. In dem hier genutzten Modellansatz findet der Befall mit Krautfäule in Form von Boniturdaten (prozentualer Befall der Blattfläche) Eingang in die Berechnung der Blattflächenentwicklung. Die N-Versorgung beeinflusst ebenfalls über den NNI lediglich die Blattflächenausbildung. Die Ergebnisse der Validierung zeigen, dass die Modellierung der Gesamt- und der Knollentrockenmasse eine ausreichend genaue Berechnung dieser beiden Pflanzenparameter ermöglicht ($r_{RMSE} = 0,22$ und $0,25$). Da in den Datensätzen zur Validierung fünf unterschiedliche Stickstoffvarianten vorhanden waren, bestätigt dies Verwendung des NNI auf Basis optimaler Stickstoffkonzentrationen (van Delden et al. 2001). Die Schätzung des Blattflächenindex weicht allerdings vor allem unter Trockenstress von den gemessenen Daten ab. Dies zeigt, dass weitere Untersuchungen notwendig sind, um diesen Bereich des Modells zu verbessern. Zur Beantwortung der zentralen Fragestellung werden einige Szenarien präsentiert, in denen sowohl die Stickstoffversorgung als auch der Krautfäulebefall variiert wurden (Abbildung 1). Der Vergleich zwischen durch Krautfäule beeinflusster und befallsfreier Ertragsbildung ermöglicht es, den ungefähren Zeitpunkt darzustellen, an dem entweder die Stickstoffversorgung oder der Krautfäulebefall den hauptsächlichen ertragslimitierenden Faktor darstellen. Die simulierten Szenarien verdeutlichen, dass der Krautfäuleschutz mit steigender Stickstoffversorgung an Bedeutung gewinnt und dass der Grenzertrag für eine Erhöhung der Stickstoffdüngung sinkt, wenn der Pflanzenschutz nicht dementsprechend angepasst wird. Somit ist es möglich, die Entwicklung des Knollenertrages unter begrenzter Stickstoffverfügbarkeit darzustellen, um dementsprechend die Pflanzenschutzstrategien anzupassen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern Entscheidungshilfen, welche Pflanzenschutzstrategien sowohl im ökologischen wie auch im konventionellen Kartoffelbau verbessern können. Das bessere Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Stickstoffernährung und Krautfäulebefall kann dazu beitragen, Wachstumsmodelle, die diese Faktoren berücksichtigen, anzupassen. Während der Vegetationsphase kann der Zeitpunkt abgeschätzt werden, an dem entweder die Stickstoffversorgung oder der Krautfäulebefall den dominanten ertragslimitierenden Faktor darstellt. Dies ermöglicht eine flexible Anpassung der

Pflanzenschutzstrategie. Da der Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Kartoffel sehr hoch ist, profitiert besonders diese Kultur von einer Kombination aus verbesserter Pflanzenbau- und Pflanzenschutzstrategie.

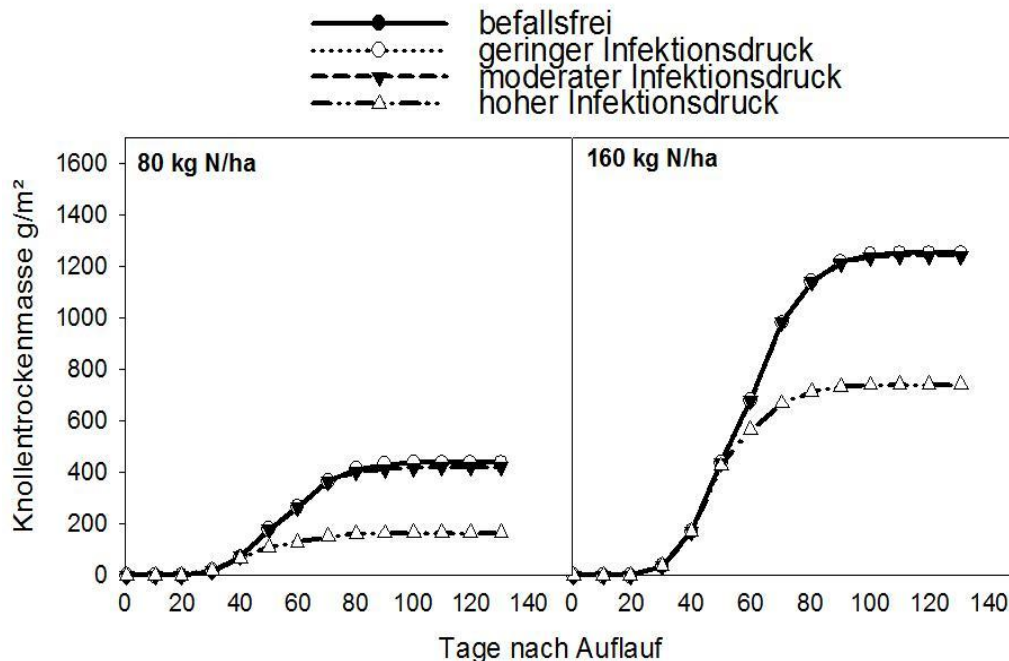


Abb. 1: Simulierter Knollenertrag einer sehr frühen Sorte unter vier verschiedenen Krautfäuleepidemien und zwei Stickstoffversorgungsstufen

Literatur

- Belanger G., F. Gastal, G. Lemaire 1992: Growth analysis of a tall fescue sward fertilized with different rates of N. *Crop. Sci.* 32: 1371-1376.
- Juárez H.S., M.D. Amaro, M.D. Rivera, A. Párraga, R.J. Hijmans 1999: The effect of nitrogen fertilization on potato late blight in the field. 1999-2000. CIP Program Report.
- Kage H., H. Stützel 1999: A simple empirical model for predicting development and dry matter partitioning in cauliflower (*Brassica oleracea L. botrytis*). *Scientia Horticulturae* 80: 19-38.
- Karalus W., R. Rauber 1996: Effects of presprouting on potato diseases in organic farming. *Journal of Plant Diseases and Protection* 103: 420-431.
- Monteith, J. L. 1977: Climate and Efficiency of Crop Production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 281: 277-294.
- Shah S.F.A., B.A. McKenzie, R.E. Gaunt, J.W. Marshall, C.M. Frampton 2004: Effect of early blight (*Alternaria solani*) and different nitrogen inputs on radiation interception, radiation use efficiency, and total dry matter production in potatoes (*Solanum tuberosum*) grown in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32: 263-272.
- Van Delden A. 2001: Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agronomy Journal* 93: 1370-1385.
- Van Oijen M. 1990: Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 96: 55-63.
- Vreugdenhil D., J. Bradshaw, C. Gebhard, F. Govers, D.K.L. MacKerron, M.A. Taylor, H.A. Ross 2007: Preface. In: Vreugdenhil D. (ed.) *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*. Elsevier, Oxford, Amsterdam, p. v-vi.
- Walters D.R., I.J. Bingham 2007: Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Annals of Applied Biology* 151: 307-324.
- Zarb J., R. Ghorbani, P. Juntharathap, P. Shotton, J. Santos, S. Wilcockson, C. Leifert 2002: Control strategies for late blight in organic potato production. In: Powell J. (ed.) *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference 26-28 March 2002, Aberystwyth, UK*, p. 221-222

Beprobungsarme Standortkartierung als Erfolgsfaktor für Precision Farming und eine zukunftsorientierte Pflanzenproduktion

Stefan Hinck

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden ca. 40 % der deutschen Landesfläche von der Landwirtschaft als Ackerfläche und somit als Produktionsstandort für Nahrungsmittel, Futtermittel und nachwachsende Rohstoffe genutzt. Der Boden hat bei der pflanzenbaulichen Produktion eine zentrale Funktion. Oft weisen die bewirtschafteten Ackerschläge kleinräumig wechselnde Bodeneigenschaften auf, dieses ist bei der Bewirtschaftung zu berücksichtigen. Die Auswirkungen dieser Bodenqualitätsunterschiede sind u. a. anhand von unterschiedlich hohen Erträgen erkennbar. Hierbei sind es insbesondere die Ton- und Humusgehalte, welche die Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit des Bodens maßgeblich beeinflussen. Böden mit einer hohen Speicherfähigkeit von pflanzenverfügbarem Wasser und Nährstoffen bedeuten ein entsprechend hohes Ertragspotenzial. Somit können sich die Ton- und / oder Humusgehalte (neben anderen Faktoren) positiv oder negativ auf die Wachstumsbedingungen auswirken. Diese Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum und somit auf den Ertrag werden mit Hilfe der Ertragskartierung des Mähreschers innerhalb einer Ackerfläche deutlich. Anhand von aufbereiteten Ertragskarten sind Teilflächen mit unterschiedlichen Ertragszonen erkennbar.

Unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten sollten Teilflächen mit unterschiedlich hohen Ertragspotenzialen auch differenziert bewirtschaftet werden (z. B. in der Düngungsintensität). Bereits Römer und Scheffer 1949 weisen in ihrem Lehrbuch des Ackerbaus auf die Schwierigkeit hin, den Pflanzenbau den unterschiedlichen Bodenqualitäten innerhalb eines Ackers anzupassen. Die Problematik ist also nicht neu, kann aber erst heute aufgrund der zur Verfügung stehenden Technologien gelöst werden.

Grundlage für eine erfolgreiche Anwendung der teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung (engl. Precision Farming) ist u. a. eine schnelle und zuverlässige Detektierung von Bodenqualitätsunterschieden. Hierzu bieten sich neue und ergänzende Kartiermöglichkeiten an, z. B. durch den Einsatz von mobilen geoelektrischen Messsystemen. Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit (EC) eines Bodens und dessen Tongehalt besteht ein positiver Zusammenhang. Mit steigendem Tongehalt steigt die elektrische Leitfähigkeit an. Wobei die elektrische Leitfähigkeit nur indirekt vom Tongehalt beeinflusst wird, sondern vielmehr von der elektrolytischen Leitfähigkeit des Bodens. Es ist die Ionenkonzentration des Elektrolyts, welche hauptsächlich direkt die elektrische Leitfähigkeit unserer Böden bestimmt (Keller und Frischknecht 1977). Diese wiederum steht in den meisten Fällen in Abhängigkeit zum Tongehalt, da dieser (gemeinsam mit dem Humusgehalt) hauptsächlich die Speicherfähigkeit des Bodens an Wasser und Nährstoffen bestimmt. Eine sinkende Leitfähigkeit ist dagegen bei steigenden Sandgehalten zu beobachten. Unterschiedlich hohe elektrische Leitfähigkeiten des Bodens innerhalb einer Ackerfläche weisen also auf eine Änderung der Korngrößenverteilung (Bodenart) hin. Somit ist es möglich, anhand einer geoelektrischen Kartierung grundsätzlich Veränderungen von unterschiedlichen Bodenbestandteilen zu erkennen.

Material und Methoden

An der Fachhochschule Osnabrück ist ein neues Bodensensorsystem (BOs-1EP) entwickelt worden. Das Messprinzip beruht auf der Erfassung des komplexen elektrischen Leitwerts mit (nur) einem Elektrodenpaar. Das Elektrodenpaar weist einen direkten Kontakt mit dem Boden auf (galvanische Anregung / Kontaktmessung). Bei diesem Messprinzip sind die Messtiefe und das Messvolumen genau bekannt. Weiter werden mehrere Messgrößen gleichzeitig erfasst. Im Vergleich mit anderen Messsystemen stellt dieses eine Innovation dar und führt zu einer Verbesserung des Messvorgangs. Die mit dem BOs-1EP erhobenen geoelektrischen Messergebnisse lassen sich wesentlich besser interpretieren. Der Einsatzschwerpunkt des BOs-1EP sind geoelektrische Messungen auf landwirtschaftlichen Flächen und im Speziellen die Erfassung der räumlichen Unterschiede in der Korngrößenverteilung im Oberboden (Hinck 2009).

Das BOs-1EP ist auf zwei aufwändig bodenkundlich kartierten Versuchsflächen der Fachhochschule Osnabrück zu mehreren Terminen eingesetzt und verifiziert worden. Beide Flächen sind in ein 10 m x 10 m großes Raster unterteilt. Von jeder Rasterzelle liegen Mischbodenproben aus der Tiefe 0 bis 30 cm vor. Im Labor sind die Korngrößen Sand, Schluff, Ton und der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) analysiert und der jeweiligen Rasterzelle zugeordnet worden. Die Ergebnisse werden am Beispiel der Fläche „Im Berge“ (2,4 ha) dargestellt, welche im Oberboden Tongehalte von 9 % bis 40 % aufweist. Für die Auswertung der Messergebnisse ist die Fläche in 224 Rasterzellen unterteilt (s. Abb. 1). Die geoelektrischen Messwerte sind ebenfalls als Mittelwert jeder Rasterzelle zugeordnet. (Hinck 2009)

Die Messergebnisse des BOs-1EP werden mit den Messergebnissen zweier kommerzieller Messsysteme verglichen. Im prüfenden Vergleich kamen das ARP03 (Messprinzip: 4-Punkt-Anordnung, galvanischer Bodenkontakt) und das EM38 (elektromagnetisches Messprinzip, induktiver Bodenkontakt) zum Einsatz (Hinck 2009).

Ergebnisse und Diskussion

Der Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit (EC) und der (im Labor ermittelten) Korngröße Ton ist visuell sehr gut erkennbar (vgl. Abb. 2 und Abb. 3). Die Spearman'schen Korrelationskoeffizienten weisen hohe bis sehr hohe Zusammenhänge für EC und die Korngrößen auf. Im Vergleich mit den beiden anderen Messsystemen zeigt das BOs-1EP ähnlich gute z. T. bessere Zusammenhänge. Für den Messtermin 14.09.2005 sind die Zusammenhänge schwächer, da für diesen Messtermin andere Messbedingungen (sehr trockener Boden) vorlagen. Der Zusammenhang für EC und C_{org} ist insgesamt schwächer ausgebildet im Vergleich zur Korngröße (s. Tab. 1, Hinck 2009).

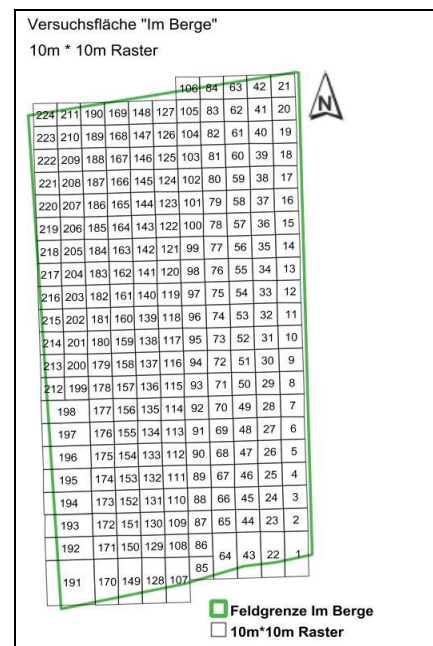


Abb. 1: Unterteilung der Fläche "Im Berge" in 224 Rasterzellen (Hinck 2009)

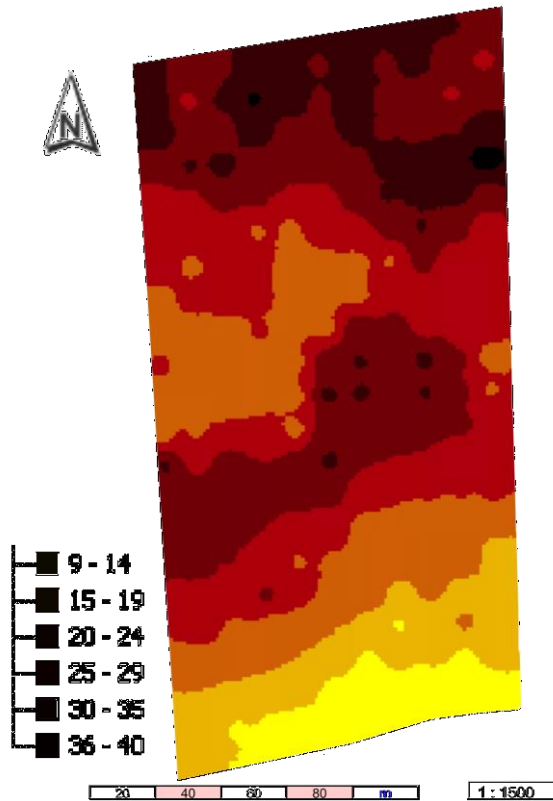


Abb. 2: Räumliche Verteilung des Tongehalts im Oberboden; Angabe in %

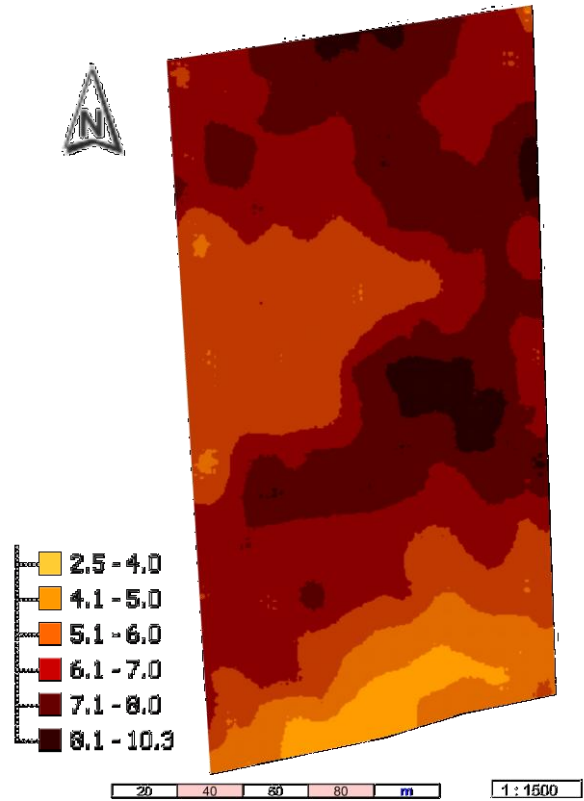


Abb. 3: Räumliche Verteilung EC im Oberboden; Angaben in mS/m

Tab. 1: Spearmansche Korrelationskoeffizienten zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Korngröße sowie C_{org} , Probeentnahmetiefe: 0 - 30 cm, Fläche „Im Berge“

Messsystem	Messzeitpunkt	Sand	Schluff	Ton	C_{org}
BOs - 1EP	15.03.2005	-0.82**	0.77**	0.80**	0.65**
BOs - 1EP	22.03.2005	-0.74**	0.74**	0.68**	0.54**
BOs - 1EP	19.08.2005	-0.67**	0.53**	0.71**	0.36**
BOs - 1EP	30.08.2005	-0.77**	0.72**	0.74**	0.56**
BOs - 1EP	02.09.2005	-0.74**	0.65**	0.74**	0.48**
BOs - 1EP	14.09.2005	-0.58**	0.57**	0.54**	0.53**
BOs - 1EP	06.10.2005	-0.77**	0.68**	0.77**	0.42**
BOs - 1EP	14.03.2007	-0.81**	0.74**	0.79**	0.51**

Eine Änderung der elektrischen Leitfähigkeit gibt Hinweise auf eine Veränderung der Korngrößenverteilung (Bodenart) innerhalb einer Ackerfläche. Je nach Bedarf kann eine geoelektrische Messung mit mobilen Messsystemen im Dekameter- bis Meterbereich vorgenommen werden und bietet eine sehr hohe Informationsdichte. Anhand dieser hohen Informationsdichte eignen sich die Ergebnisse einer geoelektrischen Messung als Grundlage für eine beprobungsarme Standortkartierung einer Ackerfläche. Die erzeugte Feldkarte mit der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens dient dem Landwirt als Orientierungshilfe, um innerhalb einer Ackerfläche Teilflächen mit unterschiedlichen Bodenarten zu erkennen. Die erkannten Teilflächen können gezielt aufgesucht und beprobt werden, z. B. für Boden-Nährstoffuntersuchungen. Die kom-

binierte Vorgehensweise (Einsatz von Geoelektrik und die klassische Beprobung) hat den Vorteil, dass die Aussagekraft gegenüber der bisherigen Vorgehensweise (z. B. mit einer festen Rasteraufteilung) wesentlich verbessert ist (Hinck et al. 2009).

Weiter eröffnet sich hiermit die Möglichkeit für eine Schätzung der räumlichen Verteilung der Bodenarten innerhalb einer Ackerfläche. Solch eine Schätzung kann anhand weniger Bodenproben durchgeführt werden. Auch hierzu werden wieder mit Hilfe der Feldkarte mit den unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten mehrere Beprobungsorte ausgewählt und beprobt. Im Labor wird die Korngrößenverteilung analysiert. Mit der jeweiligen Korngröße und der elektrischen Leitfähigkeit eines jeden Beprobungsortes wird eine Regression gebildet. Mit Hilfe dieser Regression und der elektrischen Leitfähigkeiten wird die räumliche Korngrößenverteilung innerhalb der Ackerfläche geschätzt und somit wiederum die Bodenart abgeleitet. Anhand der vorliegenden Laborergebnisse werden die Schätzwerte überprüft; in Tabelle 2 sind beispielhaft die Schätzergebnisse für den Tongehalt dargestellt. Im Vergleich mit dem EM38 (induktive Ankopplung) sind die Schätzwerte für die beiden galvanisch angekoppelten Messsysteme besser. Werden die Schätzergebnisse der beiden galvanischen Messsysteme verglichen, zeigt das BOs-1EP für den vorgestellten Messtermin eine bessere Schätzung als das ARP03 (Hinck 2009).

Tab. 2: Anzahl der Rasterzellen mit der aufgeführten Differenz zwischen wahren und geschätztem Tongehalt (in Prozentpunkten) beispielhaft für einen Messtermin des jeweiligen Messsystems; Fläche „Im Berge“ (n=224)

Abweichung in Prozentpunkten	BOs-1EP	ARP03	EM38
0	22	20	12
±1	75	67	57
±2	122	106	98
±3	156	135	126
±4	184	160	145
±5	193	177	161
±6	214	194	178

Die Ergebnisse und Vergleiche belegen die Funktionsfähigkeit des BOs-1EP. Es ist möglich, mit dem vorgestellten Messprinzip „Erfassung des komplexen elektrischen Leitwerts“ mit einem Elektrodenpaar zuverlässig geoelektrische Messungen vorzunehmen. Eine Änderung der Korngrößenzusammensetzung im Oberboden kann mit Hilfe einer geoelektrischen Messung erkannt werden. Die Messergebnisse liefern die Grundlage für eine beprobungsarme Flächenkartierung bzw. für eine Schätzung der räumlichen Verteilung der Korngrößen. Anhand dieser Bodeninformationen kann die Pflanzenproduktion an die unterschiedlichen Bodenqualitäten innerhalb einer Fläche angepasst werden. Dieses ist eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung des Managementsystems „Precision Farming“.

Literatur

- Hinck S. 2009: Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe von ausgewählter Bodensensorik. Dissertationsschrift an der Martin-Luther-Universität zu Halle-Wittenberg. Der Andere Verlag, Tönning. Internet-Link: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:3:4-1547>
- Hinck S., N. Emeis, K. Mueller, O. Christen 2009: Nährstoffgehalte bei teilflächenspezifischer Bodenprobenentnahme (Anwendungsbeispiel). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21: 129-128.
- Keller G.V., F.C. Frischknecht 1977: Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press, New York.

Process-oriented evaluation of yield performance and nutritive value of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes

Heba Sabry Attia Salama

Introduction

The liberalization of trade, as well as the EU Agricultural Policy reform with a planned abolition of the milk quota system in 2014/2015 has led to an increased pricing pressure on dairy production. Consequently, the reduction of fodder costs through increasing yield potential and improved forage quality are important targets for forage grass breeding. Dairy production in North-west Europe depends largely on grass-fed systems due to the large areas of permanent grasslands, to provide cost-effective fodder of high quality. The main role of perennial grasses in temperate agriculture is to provide forage for ruminant animals. However, intensive dairy production systems in Europe have been identified as a major source of nitrogen (N) losses, which is a principle cause of the environmental pollution. A major cause of the losses of these nitrogenous compounds to the environment is the low efficiency with which ruminants utilize the protein in herbage. This results from the inability of rumen microbes to capture the N released during the breakdown of plant proteins arising from limitations in the supply of readily available energy (Newbold and Rust 1992, Hoekstra et al. 2007). After fresh plant material enters the rumen and prior to extensive plant cell-wall degradation, there is often a phase of rapid proteolysis providing N in excess of that required to maintain the rumen microbial population (Kingston-Smith and Theodorou 2000). This asynchrony leads to an accumulation of ammonia in the rumen, which increases the risk of its loss in the form of urea which will be excreted via urine (Hoekstra et al. 2008), and may result in an environmental N pollution (Tamminga 1992). Therefore, improving the protein/energy balance of forage crops is a key issue in optimizing the environmental sustainability of grassland production systems. Generally, strategies to enhance yield and quality of forage grasses include, introduction of high-sugar genotypes (Miller et al. 2001), adjustment of grass maturity (Simon and Park 1983, Smit et al. 2005), and utilization of diet evaluation systems to have a precise view into feed composition and kinetics in the rumen (Russell et al. 1992).

Aims of this study were, on the plant level, to identify the genotype- and maturity-related variations in yield and quality of 20 diploid early-intermediate heading perennial ryegrass genotypes, and to provide information about the genotypic variability in the composition of crude protein and carbohydrate fractions and rumen kinetics using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) for evaluating dairy cattle. Due to the direct cause-effect relationship of forage quality on the plant and animal levels, it was hypothesized that any variations in the quality parameters of the tested genotypes might be directly reflected on their nutritive value after being fed to the ruminant. Thus, the process-oriented screening of the investigated genotypes for the prominent nutritional parameters may significantly contribute to improving the protein/energy balance of the forage material and, consequently, hamper the N loss from grass-based feeding systems and reduce the environmental pollution.

Materials and Methods

The field experiment was sown in the year 2005 at three experimental locations, namely Asendorf, Malchow and Hohenschulen in Northern Germany. Results represent the combined analysis of the two experimental years 2006 and 2007. In this experiment twenty diploid intermediate-heading perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes (1 to 20), which provide the range of phenological variation found in the corresponding maturity group, were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. Data base included first and second cuts, in addition to the annual values for the tested quality parameters. The experimental plots were managed with three sampling dates within the first and second cuts. Data on phenological development were provided from Hohenschulen experimental site in the form of Mean Stage by Count (MSC) values (Park 1980, Moore et al. 1991). The concentrations of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were determined after Van Soest et al. (1991), while, the water-soluble carbohydrate (WSC) content was measured according to the method modified after Chatterton et al. (1989) and Shiomi et al. (1991). Carbohydrates were fractionated into the fractions A, B1, B2, and C according to the formulas described by the CNCPS (Sniffen et al. 1992) and Protein was fractionated to its fractions A, B1, B2, B3, and C using the procedures described by Licitra et al. (1996).

Results and Discussion

Screening of the 20 tested genotypes revealed significant variations in all the investigated quality parameters. The conventional genotype 6 had the significantly highest contents from all fibre fractions; NDF, ADF and ADL. It produced at the same time the lowest amount of WSC. On the other hand, the high-sugar genotype 9 had the lowest NDF and ADF contents, combined with its high WSC content. Generally, the difference between the lowest and highest values amounted to 5.5, 4.5 and 24.9 g kg⁻¹ for NDF, ADF and WSC, respectively.

Mean stage by count (MSC) recorded in Hohenschulen served as an indicator for the developmental variations among tested genotypes. Although the 20 evaluated genotypes were classified in the same maturity group, significant variation in maturity was clearly observed. Genotype 6 had the highest MSC value (6.2), indicating a higher degree of maturity. This observation may partially participate in explaining its high fibre fractions and low WSC contents of genotype 6. Generally, accurate observation to the first cut MSC values revealed that the 20 tested genotypes displayed almost the expected ranking with respect to the studied quality parameters.

Accordingly, MSC proved to be closely correlated to the quality parameters of grasses, which is also documented (Van Soest 1994, Brueland et al. 2003). However, the method is quite laborious and requires experience in classifying developmental stages. This led to the development of a simplified comprehensive maturity index for quantifying the phenological development of perennial grasses, which is less time consuming and can be applied more easily in the field, and at the same time provides a similar relationship to yield and prominent quality traits as the commonly used MSC. Correlation analyses between percentage of tillers above a given developmental stage and the investigated parameters revealed that considering the percentage of tillers above the boot stage (stage 8 according to Park 1980 – SMI8) showed comparable significances and magnitude of correlations to that produced from the MSC. Further testing of the SMI8 by including it as a co variable in the analysis of variance and running the statistical analysis twice, with and without the co-variable, revealed its significant impact on genotypic variations. Inclusion of

the SMI8 in the analysis of variance either (i) decreased the difference between the highest and lowest values, indicating that part of this difference was attributed to the difference in the developmental stage at time of harvesting, or (ii) affected significances among the genotypes causing slight modification in the ranking, and (iii) in some cases no significant genotype effect was left after considering the SMI8.

The CNCPS screening of the 20 genotypes revealed significant variations in the carbohydrate and protein fractions, total carbohydrate and total protein contents, as well as ruminally digested (RDC) and undigested (UDC) carbohydrate contents and ruminally degraded (RDP) and undegraded (UDP) protein contents. Generally, a small magnitude of variation in case of the carbohydrate fractions was detected, except for the simple sugars (Fraction A) and reached 50 g kg⁻¹ DM (Table 1). An even smaller variation was achieved for the protein fractions, which could be partially attributed to the low crude protein content of the tested genotypes resulting from the moderate N fertilizer application rate (300 kg N ha⁻¹). The dry-matter based first cut difference between the genotypes 6 and 9 accounted for 24, 1, and 1 g kg⁻¹ DM, for the respective parameters RDC, RDP and UDP, in favour of the high-sugar genotype 9. Even though the two genotypes had similar total carbohydrate and total protein contents. This highlights the importance of feed fractionation procedures in achieving a detailed view into the fate and utilization of the different fractions in the rumen, and supports the composition of suitable diet which meets the animal's requirements to achieve its appropriate maintenance and production levels.

Table 1: First cut carbohydrate and protein fractions, and total carbohydrate and total protein contents, as well as ruminally digested (RDC) and undigested (UDC) carbohydrate contents and ruminally degraded (RDP) and undegraded (UDP) protein contents for the two selected genotypes; 6 and 9, expressed as g kg⁻¹ DM.

Nutritional aspects (1 st cut)		Conventional genotype 6	High-sugar genotype 9
Carbohydrate fractions (g kg ⁻¹ DM)	Fraction A	278	328
	Fraction B1	2	3
	Fraction B2	479	432
	Fraction C	48	33
Total C (g kg ⁻¹ DM)		807	796
Protein fractions (g N kg ⁻¹ DM)	Fraction A	5	5
	Fraction B1	1	2
	Fraction B2	6	5
	Fraction B3	4	5
	Fraction C	1	1
Total N (g kg ⁻¹ DM)		17	18
RDC		538	562
RDP		11	12
UDC		269	234
UDP		4	5

Conclusion

On the plant level, significant variations in the investigated quality parameters were revealed, which were to a great extent attributed to differences in the stage of maturity (MSC), at the same time, were very limited suggesting that the tested genetic material was very similar. A Simplified Maturity Index (SMI8) was developed, which showed comparable significances and magnitude of correlation with the prominent quality parameters to that produced from the MSC. Approaching the animal level, the CNCPS revealed significant variation in the carbohydrate and

protein fractionation and provided information about the rumen metabolism of the tested genotypes.

Perspectives

There is a need to introduce more variation to the genetic base of selection for the prominent quality parameters. It is recommended to include the SMI as an additional criterion during the evaluation of new genotypes prior to commercial release, to avoid maturity biased evaluations. Carbohydrate and protein fractionation using the CNCPS proved to be a suitable tool to provide detailed information about grass nutritional value, in relation to rumen kinetics. Consequently it supports the optimization of diet composition which meets the animal's requirements to achieve its appropriate maintenance and production levels.

References

- Brueland B.A., K.R. Harmony, K.J. Moore, J.R. George, E.C. Brummer. 2003: Developmental morphology of smooth bromegrass growth following spring grazing. *Crop Sci.* **43**: 1789-1796.
- Chatterton N.J., P.A. Harrison, W.R. Thornley, J.H. Bennett 1989: Purification and quantification of ketoses (fructosylsucroses) by gel permeation and anion exchange chromatography. *Plant Physiol. Biochem.* **27**: 289-295.
- Hoekstra N.J., R.P.O. Schulte, E.A. Lantinga, P.C. Struik 2007: Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. *Eur. J. Agron.* **26**: 363-374.
- Hoekstra N.J., P.C. Struik, E.A. Lantinga, M.E. Van Amburgh, R.P.O. Schulte 2008: Can herbage nitrogen fractionation in *Lolium perenne* be improved by herbage management? *Netherlands J Agric. Sci.* **55**: 167-180.
- Kinston-Smith A.H., M.K. Theodorou 2000: Post-ingestion metabolism of fresh forage. *New Phytol.* **148**: 37-55.
- Licitra G., T.M. Hernandez, P.J. Van Soest 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* **57**: 347-358.
- Miller L.A., J.M. Moorby, D.R. Davies, M.O. Humphreys, N.D. Scollan, J.C. MacRea, M.K. Theodorou 2001: Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): Milk production from late-lactation dairy cows. *Grass Forage Sci.* **56**: 383-394.
- Moore K.J., L.E. Moser, K.P. Vogel, S.S. Waller, B.E. Johnson, J.F. Pedersen 1991: Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.* **83**: 1073-1077.
- Newbold J.R., S.R. Rust 1992: Effect of asynchronous nitrogen and energy supply on growth of ruminal bacteria in batch culture. *J. Anim. Sci.* **70**: 538-546.
- Park B.-H. 1980: Untersuchungen zum Entwicklungsverlauf im Primäraufwuchs von perennierenden Futtergräsern. Diss., Universität Gießen.
- Russell J.B., J.D. O'Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, C.J. Sniffen 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* **70**: 3551-3561.
- Shiomi N., S. Onodera, N.J. Chatterton, P.A. Harrison 1991: Separation of fructooligosaccharide isomers by anion-exchange chromatography. *Agric. Biol. Chem.* **55**: 1427-1428.
- Simon U., B.-H. Park 1983: A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses. p. 416-418. In J.A. Smith and V.W. Hays (ed.) *Proc. 14th Int. Grassl. Congr.* Lexington, KY. 15-24 June 1981. Westview Press, Boulder, CO.
- Smit H.J., B.M. Tas, H.Z. Taweel, S. Tamminga, A. Elgersma 2005: Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars on herbage production, nutritional quality and herbage intake of grazing dairy cows. *Grass Forage Sci.* **60**: 297-309.
- Sniffen C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox, J.B. Russell 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* **70**: 3562-3577.
- Tamminga S. 1992: Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* **75**: 345-357.
- Van Soest P.J., J.B. Robertson, B.A. Lewis 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**: 3583-3597.
- Van Soest P.J. 1994: Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press (Second edition).

Thermische Nutzung von artenreichem Grünland: Prognose und Optimierung der Brennstoffqualität

Bettina Tonn

Einleitung

Artenreiches Grünland mit extensiver Nutzung besitzt einen hohen naturschutzfachlichen Wert, der sich in der Aufnahme zahlreicher Grünlandgesellschaften in den Anhang I der europäischen FFH-Richtlinie widerspiegelt. Aufgrund gesteigerter Tierleistungen bei Wiederkäuern und damit höheren Ansprüchen an die Futterqualität ist der Einsatz der Aufwüchse in der Tierfütterung jedoch begrenzt. Die Erzeugung von Bioenergie stellt eine alternative Nutzung von Grünlandaufwüchsen dar und kann dazu beitragen, die Pflegekosten für Naturschutzgrünland zu senken. Als Konversionsverfahren ist die Verbrennung in besonderem Maße geeignet. Feuerungsanlagen für halmgutartige Brennstoffe, wie Stroh oder ausdauernde Energiegräser, weisen einen hohen technologischen Entwicklungsstand auf. Sie erlauben eine dezentrale Energieproduktion in kleinen und mittleren Anlagen, wodurch Transportwege minimiert und Logistikketten vereinfacht werden können. Im Vergleich zu anderen Festbrennstoffen stellt die chemische Zusammensetzung von Grünlandaufwüchsen jedoch eine besondere Herausforderung dar. Durch hohe Stickstoff- und Aschegehalte kann es zu erhöhten Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub kommen. Andere Inhaltsstoffe, insbesondere Kalium und Chlor, beeinträchtigen Funktion und Lebensdauer der Feuerungsanlagen durch Verschlackung im Feuerraum sowie durch Verschmutzung und Korrosion der Wärmetauscher. Die chemische Zusammensetzung extensiv genutzter Grünlandaufwüchse weist zudem eine große Variabilität auf. Ziel der Arbeit war daher:

- die Ermittlung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Brennstoffzusammensetzung von extensiven Grünlandaufwüchsen mit dem Ziel einer verbesserten Qualitätsprognose;
- die Erprobung von zwei Verfahren zur Qualitätsoptimierung: Auswaschung durch Niederschläge während der Feldliegezeit und Verlegung des Schnittzeitpunktes in den Winter bzw. in das Frühjahr des Folgejahres;
- die Bewertung der Wärmegewinnung aus extensiven Grünlandaufwüchsen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und ihres Reduktionspotenzials für Treibhausgasemissionen angesichts der niedrigen Flächenerträge von Extensivgrünland.

Material und Methoden

Der Einfluss von Aufwuchsalter, botanischer Zusammensetzung und Standort auf die Brennstoffqualität wurde in einem Feldversuch geprüft. Von Juni bis Oktober wurden an sechs Versuchsstandorten in Südwestdeutschland (Standorte 1 und 2: *Mesobromion*; 3, 4 und 5: *Arrhenatherion*; 6: *Magnocaricion elatae*) monatliche Ernten durchgeführt. Die geernteten Aufwüchse wurden in zwei Fraktionen sortiert (Gräser/Kräuter und Leguminosen) und getrennt untersucht (Tonn et al. 2010).

Zur Prüfung des Einflusses späterer Schnittzeitpunkte auf Ertrag und Brennstoffzusammensetzung wurden an denselben Standorten zusätzlich Ernten im Dezember und im Februar des Folgejahres durchgeführt.

Der Einfluss von Niederschlägen während der Feldliegezeit wurde mit zwei Auswaschungsintensitäten einer standardisierten Labormethode untersucht, wobei im Juli und im September geerntete Aufwüchse der Standorte 1 bis 5 als Ausgangsmaterial dienten.

Alle Proben wurden auf ihre Gehalte an N, S, Cl, K, Ca, Mg und Asche untersucht. Für ausgewählte Proben wurden der Brennwert bestimmt und das Hochtemperaturverhalten der Asche nach ASTM D1857 sowie durch zweistündiges Erhitzen von Ascheproben auf 700, 800, 900 und 1000 °C untersucht. In der statistischen Auswertung wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ zugrunde gelegt.

Im Rahmen einer Ökobilanz wurde die Wärmeerzeugung aus Grünlandaufwüchsen mit einem fossilen Referenzszenario verglichen. Unter Nutzung von Ertrags- und Qualitätsdaten eines langjährigen Feldversuches wurden unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten berücksichtigt: gedüngt/ungedüngt; ein/zwei Schnitte pro Jahr (Tonn et al. 2009).

Ergebnisse und Diskussion

Variabilität und Vorhersage der Brennstoffqualität extensiver Grünlandaufwüchse

Unterschiede zwischen den Biomassefraktionen erklärten einen großen Teil der beobachteten Variabilität der Brennstoffzusammensetzung (Tab. 1). Die Zusammensetzung der Grasfraktion war dabei für den Verbrennungsprozess insgesamt günstiger zu bewerten als die der Krautfraktion. Zwischen Juni und Oktober sank der K-Gehalt in beiden Fraktionen kontinuierlich. Die anderen Inhaltsstoffe wiesen im gleichen Zeitraum nur geringe Änderungen auf. Die höchsten K- und Cl-Gehalte wurden an den Standorten 3 und 6 mit externer Nährstoffzufuhr durch Wirtschaftsdünger bzw. Grundwasser beobachtet. Für die meisten Parameter war die Brennstoffzusammensetzung problematischer als die für ausdauernde Energiegräser oder Getreidestroh belegten Werte (Abb. 1).

Tab. 1: Varianzanalyse des Einflusses von Biomassefraktion (Gräser/Kräuter), Schnittzeitpunkt (Juni-Oktober, n=5) und Standort (n=6) auf die Brennstoffzusammensetzung von Grünlandaufwüchsen

	K		Cl		N		Asche	
	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P
Biomassefraktion (F)	85,8	***	168,2	***	212,0	***	534,1	***
Schnittzeitpunkt (T)	166,8	***	3,7	*	44,3	***	20,5	***
Standort (O)	117,6	***	112,1	***	2,0	ns	51,5	***
F x T	1,7	ns	2,7	*	24,0	***	28,5	***
F x O	120,6	***	129,7	***	83,8	***	44,9	***
T x O	4,5	***	2,3	**	10,3	***	3,1	***
F x T x O	1,8	*	4,3	***	2,0	**	2,0	*

Qualitätsoptimierung durch Auswaschung während der Feldliegezeit

In allen Aufwüchsen fand zu beiden Schnittzeitpunkten bereits nach 10 min eine signifikante Auswaschung von K und Cl statt. Diese Behandlung entspricht einer Niederschlagsmenge von ca. 30-40 mm (Henrici et al. 2007). Der Aschegehalt war erst nach einer Auswaschungsdauer von 120 min (entspricht > 70 mm Niederschlag) an allen Standorten signifikant verringert. Die N-Gehalte unterschieden sich nach keiner der beiden Auswaschungsintensitäten signifikant voneinander (Abb. 2). Das Hochtemperaturverhalten der Brennstoffasche wurde durch die Auswaschung positiv beeinflusst. Während die Brennstoffasche der unbehandelten Kontrolle von drei (Juli) bzw. vier (September) Standorten nach zweistündiger Erhitzung auf 1000 °C stark versintert bis vollständig geschmolzen war, wies die Asche der 120 min-ausgewaschenen Proben aller Standorte keine oder nur schwache Versinterung auf.

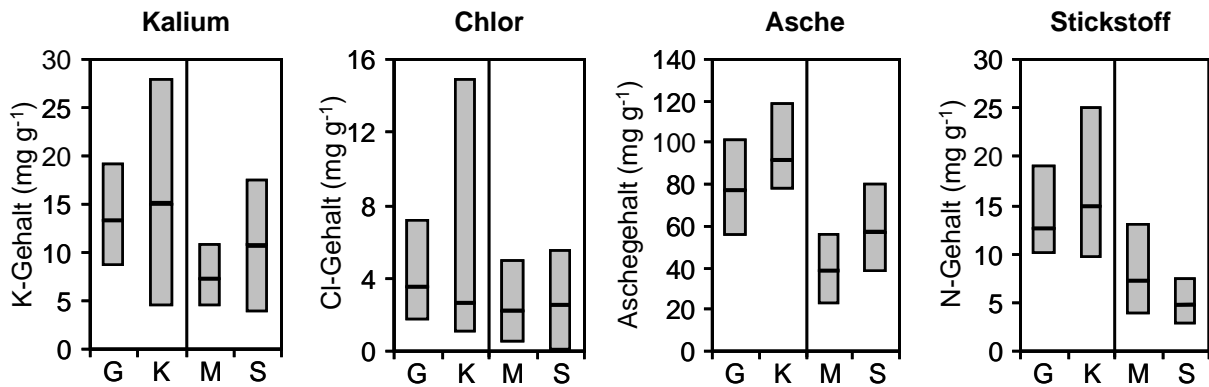


Abb. 1: Konzentrationen verbrennungsrelevanter Inhaltsstoffe in Grasfraktion (G) und Krautfraktion (K) (Mittelwerte und Spannweiten zwischen Variantenminimum und -maximum) im Vergleich mit Literaturangaben zu Inhaltsstoffen von Miscanthus (M) und Getreidestroh (S) (Härdtlein et al. 2004)

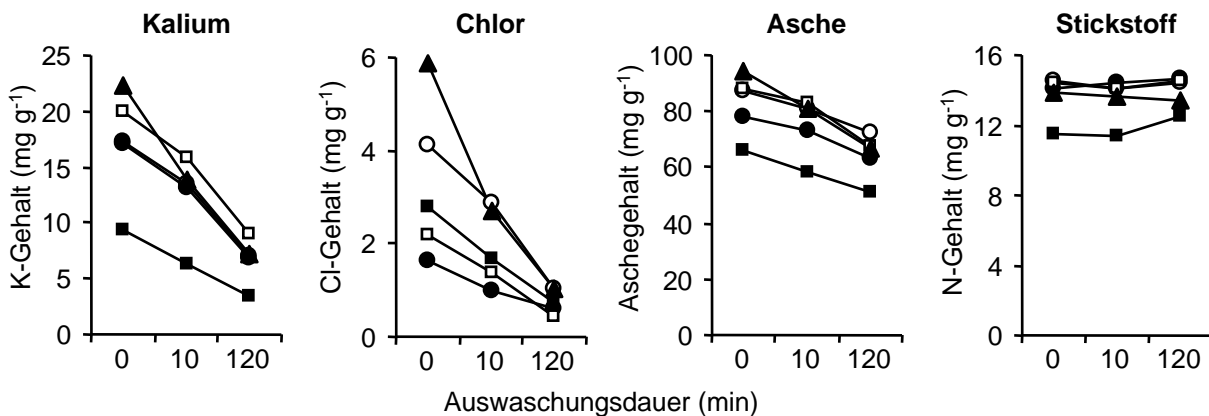


Abb 2: K-, Cl- und N-Gehalt in Grünlandaufwüchsen von fünf Standorten (1: ○, 2: □, 3: ■, 4: ▲, 5: ●) nach 10 min und 120 min Auswaschung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (0 min) für den Schnittzeitpunkt Juli

Qualitätsoptimierung durch Winter- und Frühjahrsernte

Zwischen Oktober und Dezember sanken die K- und Cl-Gehalte an den sechs Versuchsstandorten signifikant um 41-81 bzw. 53-97 %. Die N-Gehalte nahmen nur an Standort 1, die Aschegehalte an keinem Standort signifikant ab. Bei Handernte im Versuchsmaßstab waren die Erträge nur an Standort 4 signifikant niedriger als im Oktober. Die Ernte im Februar führte nur an vier bzw. drei Standorten zur weiteren Verringerung der K- und Cl-Gehalte. An fünf Standorten traten dagegen gegenüber Oktober signifikante Ertragsverluste von 40-73 % auf. Bei maschineller Ernte wäre aufgrund teilweise starker Lagerneigung der Aufwüchse an manchen Standorten mit deutlich höheren Verlusten zu rechnen gewesen.

Ökobilanz der Verbrennung von Grünlandaufwüchsen

In den Szenarien ohne N-Düngung wurden bei zugrunde gelegten Erträgen von 49 bzw. 61 dt TM ha⁻¹ der Verbrauch fossiler Energie und die Emission von Treibhausgasen gegenüber dem fossilen Referenzszenario um ca. 90 % reduziert. Dies lässt sich auf eine geringe Aufwendung an Betriebsmitteln sowie auf eine hohe Konversionseffizienz des Verbrennungsprozesses zurückführen. Der Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger verringerte dagegen das Einsparungspotenzial von Treibhausgasemissionen auf 63 % der fossilen Referenz (Abb. 3).

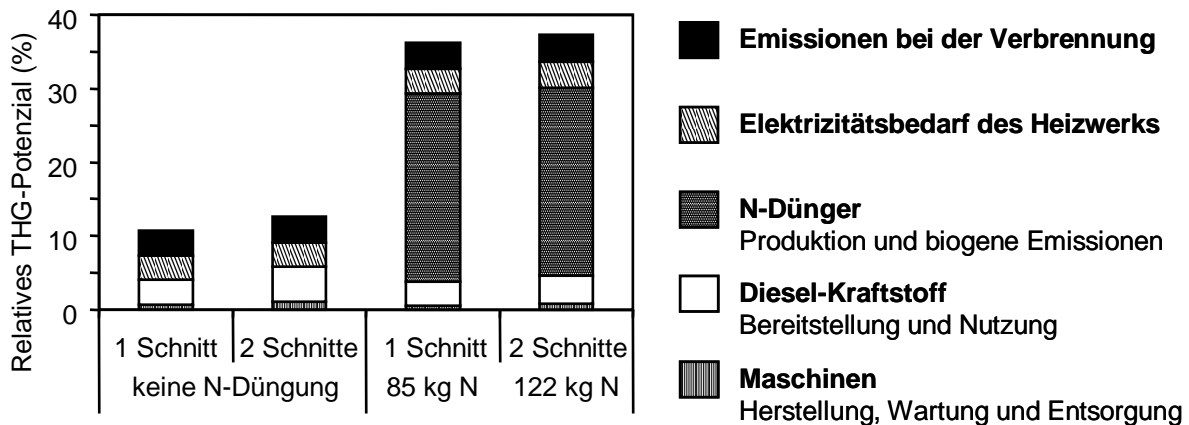


Abb. 3: Relatives Treibhausgas-(THG-)Potenzial der Wärmegewinnung aus Heu im Vergleich zu einem fossilen Referenzszenario (Wärmegewinnung aus Heizöl), aufgliedert nach den für die Emissionen verantwortlichen Prozesse.

Schlussfolgerungen

Trotz geringer Flächenerträge weist die Verbrennung extensiver Grünlandaufwüchse eine hohe Energieeffizienz und eine stark negative Treibhausgasbilanz auf. Die Variabilität der Brennstoffzusammensetzung ist zu großen Teilen auf die botanische Zusammensetzung und das Nährstoffangebot der Grünlandbestände zurückzuführen. Da die Änderung der Brennstoffzusammensetzung zwischen Juni und Oktober gering ist, kann sich die Wahl des Schnittzeitpunktes an naturschutzfachlichen Zielen orientieren, ohne in Konkurrenz zu Verwertungszielen zu stehen. Erst bei Schnittzeitpunkten nach Absterben des Bestandes zeigen sich deutliche Qualitätsverbesserungen in Bezug auf K- und Cl-Gehalt. Aufgrund des dabei zu erwartenden negativen Effektes auf den Pflanzenbestand ist eine solche verzögerte Ernte jedoch nur in Ausnahmefällen eine Option. Auswaschung durch Niederschläge während der Feldliegezeit hat positive Auswirkungen auf das Hochtemperaturverhalten der Brennstoffasche. Bei geeigneten Witterungsverhältnissen stellt dies eine einfache und effektive Methode der Qualitätsoptimierung dar. Im Gegensatz zu den K- und Cl-Gehalten lassen sich N- und Aschegehalte mit beiden Optimierungsstrategien nur wenig beeinflussen.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass mit der Verbrennung extensiver Grünlandaufwüchse eine Synergie zwischen Landschaftspflege und Klimaschutz erreicht werden kann, wenn gezielte Wahl geeigneter Aufwüchse, selektive Anwendung von Optimierungsstrategien und Einsatz angepasster Feuerungstechnik kombiniert werden.

Literatur

- Härdtlein M., L. Eltrop, D. Thrän (Hrsg.) 2004: Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- Henrici V., B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein 2007: Erfassung der Auswaschung von verbrennungsrelevanten Inhaltsstoffen aus Grünlandaufwüchsen durch simulierten Regen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 8: 205-208.
- Tonn B., U. Thumm, W. Claupein 2009: Life-cycle analysis of heat generation using biomass from semi-natural grasslands in Central Europe. Grassland Science in Europe 14: 284-296.
- Tonn B., U. Thumm, W. Claupein 2010: Semi-natural grassland biomass for combustion: influence of botanical composition, harvest date and site conditions on fuel composition. Grass and Forage Science, accepted.

Anbau von Amflora in Europa – Voraussetzungen und Erfahrungen

Thomas-Axel Stenske

Einleitung

Amflora ist eine Stärkekartoffelsorte, die mit Hilfe gentechnischer Methoden entwickelt wurde. Das kartoffeleigene, für die Amyloseproduktion zuständige Gen wurde abgeschaltet. Dadurch produziert Amflora reines Amylopektin, das aufgrund seiner Eigenschaften für die Stärkeindustrie und deren Kunden ein gefragtes Produkt mit hohem Marktwert ist. An dem Mehrwert des Amylopektins gegenüber konventioneller Kartoffelstärke partizipiert die gesamte Wertschöpfungskette von der Landwirtschaft über die Stärkeindustrie bis zu den Verwendern des Amylopektins.

Nach einem aufwändigen und zeitintensiven Zulassungsverfahren wurde Amflora im März 2010 von der Europäischen Kommission zum Anbau, zur Verarbeitung und Vermarktung zugelassen. Diese Zulassung ist mit Auflagen verbunden, die die Trennung dieser gentechnisch veränderten Kartoffelsorte von konventionellen Kartoffeln sicherstellen soll und ein anbaubegleitendes Monitoring vorschreibt. Trotz der EU-weiten Zulassung unterscheiden sich die Anbaubedingungen in den einzelnen EU-Ländern durch ergänzende gesetzliche Vorschriften.

Material und Methoden

Amflora unterscheidet sich bis auf ihre veränderte Stärkezusammensetzung nicht von anderen Stärkekartoffeln. Die Untersuchung und Bewertung der Sicherheit von Produkten der Pflanzenbiotechnologie ist in Europa jedoch gesetzlich geregelt. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) als zuständige Bewertungsinstitution setzt dabei strengste Maßstäbe an. Die Zulassung wurde erteilt, nachdem durch umfassende Studien nachgewiesen werden konnte, dass die Pflanze alle Kriterien vollständig erfüllt. EFSA hat wiederholt bestätigt, dass Amflora genauso sicher für Mensch, Tier und Umwelt ist wie jede herkömmliche Kartoffel.

Um eine Trennung zwischen Amflora und konventionellen Kartoffeln sowie die zulassungsgemäße Verwendung des Amylopektins und der Nebenprodukte zu sichern, sind Auflagen einzuhalten. Die Auflagen umfassen insbesondere folgende Aspekte:

- Melde- und Informationspflichten gegenüber Behörden
- Informationspflichten gegenüber landwirtschaftlichen Nachbarbetrieben
- Unterweisungspflichten für die im Produktionsprozess involvierten Personen
- Abstands- und Fruchtfolgeregelungen
- Vorschriften für Lagerung, Transport, Anbau, Ernte und Verarbeitung
- Monitoring-Auflagen
- Kennzeichnungspflichten für Kartoffeln, Amylopektin und Nebenprodukte

Die genannten Auflagen sind teilweise EU-weit einheitlich, teilweise unterscheiden sie sich von Land zu Land. Nationale Unterschiede gibt es insbesondere bei den Melde- und Informationspflichten und -fristen gegenüber Behörden und Nachbarbetrieben beim Anbau von Amflora. Weitere Unterschiede finden sich beispielsweise hinsichtlich der Fruchtfolge- und Abstandsregelungen in bestimmten Gebieten, z. B. so genannten Gesundlagen der Kartoffelvermehrung. Teilweise waren die gesetzlichen Auflagen zum Zeitpunkt der Zulassung von Amflora noch nicht vorhanden oder unvollständig. So enthielt die deutsche Gentechnikpflanzenerzeugungsverordnung bis

dahin nur Ausführungsbestimmungen zum Anbau von gentechnisch verändertem Mais. Ein Annex für Kartoffeln ist derzeit in Bearbeitung.

Um eine Trennung zwischen Amflora und konventionellen Kartoffeln in der Praxis sicherzustellen, hat die BASF für Amflora anbauende Landwirte und die verarbeitende Stärkeindustrie ein Qualität sicherndes „Identity Preservation System“ entwickelt. Dieses System ist Bestandteil der Zulassung und damit für Anbauer und Verarbeiter obligatorisch. Das System beschreibt alle relevanten Prozesse und Verfahren detailliert und dokumentiert diese in ihrer Durchführung.

Neben den genannten Vorschriften sind für anbauende Landwirte Grenzwerte und Haftungsregelungen von großer Bedeutung für den Fall, dass es trotz aller Sorgfalt zu einer unbeabsichtigten Vermischung kommt. Für eine Vermischung in Nahrungs- und Futtermitteln gilt ein Grenzwert von derzeit 0,9 % europaweit. Für die Vermischung im Pflanzgutbereich gilt derzeit noch eine wenig praxisgerechte Nulltoleranz, die national jedoch teilweise nicht angewendet wird. Aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen ist es sehr wünschenswert, auch für Pflanzgut Grenzwerte in Hinblick auf eine unbeabsichtigte oder technisch unvermeidbare Vermischung einzuführen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anbau von Amflora ist mit europaweit gültigen und zusätzlich national unterschiedlichen Auflagen verbunden. Aus Sicht der Landwirtschaft und der Industrie ist es wünschenswert, einen einheitlichen und angemessenen Rahmen zu gestalten, der einerseits die Trennung sicherstellt, andererseits Wettbewerbsverzerrungen vermeidet und den wirtschaftlichen Anbau von Amflora und anderen gentechnisch veränderten Nutzpflanzen ermöglicht.

Literatur

Hartmannsberger R. 2007: Gentechnik in der Landwirtschaft: Die Entwicklung der Haftung für den Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen. Schriftenreihe zum deutschen und internationalen Wirtschaftsrecht, Band 15. Nomos Verlag, Baden-Baden.

Stenske T.-A. 2010: Amflora – Neue Stärke aus der Kartoffel. Kartoffelbau. Die Fachzeitschrift für den Kartoffelanbauer. 3/2010: 98-99.

http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/gm_register_auth.cfm?pr_id=39

Short- and long-distance pollenflow and biocontainment in maize

Peter Stamp, Michael Bannert, Magali Munsch, André Vogler und Christophe Weider

Maize is one of the most important crops worldwide. The cultivation of transgenic maize varieties has rapidly increased since their commercial introduction 1996. Today, 26% of total worldwide maize area is transgenic. Transgenic pollen flow is considered to be the most hazardous factor in terms of coexistence, because maize is a wind-pollinated crop, which produces high amounts of pollen and favours cross-pollination by protandry of flowers. Therefore cross pollination rates as influenced by topography, climate and morphological and physiological traits, were the focus of two PhD projects in our group.

Michael Bannert focused on cross-pollination of maize under Swiss alpine conditions. Transgenic cross pollination was simulated by using varieties of different grain colours. In this visual marker system yellow grain maize is assumed to be transgenic and its cross-pollination of a white grain receptor maize can be immediately detected by xenia effect, in this case the transfer of yellow grain colour shows upon the white grains of the test hybrid, DSP17007. The method of measuring cross-pollination by counting the number of yellow grains was time- and cost-effective and enabled high sample rates, which made it possible to investigate complex cross-pollination patterns in high detail. Cross pollination was investigated at long distances of 50 m up to 4500 m in the alpine region in the Canton Uri. Thirteen white grain fields were arranged at different wind orientations to the yellow grain pollen donor. Cross-pollination rate on field average was always below 0.02 %. Cross-pollination pattern were in most cases like randomly dispersed, mainly single cross-pollination events. In four fields, located in distances of 50 m up to 370 m in the main wind direction, a low but marked cross-pollination at the field border was found; this indicated pollen dispersal by horizontal winds. The potential pollen dispersal distance was calculated according to the measured wind conditions in relation to settling height and speed; hereby it could be confirmed that most shed pollen will not reach distances beyond 50 m.

In the second project short-distance pollen dispersal was investigated in several experiments. The first focused on the influence of flower synchrony on cross pollination. The results indicated that late flowering plants are more prone to cross-pollination than early flowering plants. For agricultural practice, it can be derived that homogeneous plant stands can reduce the rate of cross-pollination. The second experiment focused on the behaviour of pollen in close vicinity to maize above different thermal surfaces. No differences in pollen take-off could be detected over grassland and wheat stubble, two extremes of thermal surfaces. So it seems that is not necessary for the isolation of GM and non-GM maize to cultivate specific crops in between fields. The preferable isolation crop is maize, cultivated around a GM maize field. 12 rows seem to be sufficient to reduce cross-pollination in adjacent fields below 0.9%. Experiments which focused on the impact of topography on the rate of cross-pollination showed that receptor plants in downhill direction were more affected by cross-pollination than receptor plants in uphill direction. The fourth experiment focused on the impact of meteorological factors on cross-pollination. Night temperatures seemed to play an important role for pollen agglutination due to a change in the physical properties of pollenkit. Depending on varieties, high night temperatures benefit pollen agglutination and hamper fertilization.

In connection with the discussion of coexistence of GM plants and non-GM plants the use of Cytoplasmic male sterility (CMS) as a biocontainment tool is discussed. In a Plus-Hybrid, a CMS- hybrid is combined with an unrelated male-fertile hybrid, the latter acting as the pollen donor for the whole field. As a prerequisite to use the Plus-Hybrid system to control the release of pollen from GM maize the male sterile trait must be reliable under various environmental conditions. We tested therefore 20 modern European CMS hybrids with all three cytoplasm types in 17 environments in Switzerland, Germany, Bulgaria, and in France. While eleven hybrids, mainly from C- and T-cytoplasm, were perfectly sterile under all environments nine other hybrids, mainly from the S-cytoplasm, were affected by reversion to

partial fertility. The results indicated an interaction between genetic (partial restorer gens of fertility) and climatic factors (air temperature, evapotranspiration and water vapour).

An important side effect of the Plus-Hybrid system is a potential gain in yield. CMS could benefit not only breeders but also farmers directly by the cultivation of our Plus-Hybrids. In regular maize stands, pollen is produced in luxury amounts and the harvested grains consist in an F2 population, first inbreeding generation, resulting from the sib-pollination of single-cross hybrids. On the opposite, maize Plus-Hybrids, in which a CMS hybrid (counting for 80% of the field) is pollinated by an unrelated male-fertile hybrid (20%) benefits from these two phenomena over regular maize stands. The CMS effect, referred to as the direct effect of the male-sterility and the xenia effect, referred to as the direct effect of the allo-pollen on the developing kernel. Indeed, according to previous studies done at ETH, the European dent x flint heterotic germplasm appeared to be the most responsive to CMS and xenia regarding grain yield. Here we focused on modern commercial or pre-commercial European hybrids with a broad genetic background, i.e. collected from different breeding companies, and representing the three male-sterile cytoplasm types. A European maize ring experiment was organized by us in 2006 and 2007. It permitted to evaluate these candidate hybrids in a factorial manner at 12 locations in Switzerland, Germany, France and Bulgaria thanks to local partner research institutes involved in the European Program COEXTRA. In comparison to the yield of the male-fertile form of the seed-plant sib-pollinated, modern Plus-Hybrids increased maize grain yield by 10 % across 35 hybrid combinations and all environments. In given environments, the best performing Plus-Hybrids led to yield increases above 20% often due to variation in both yield components, number of kernels (KN) as well as thousand kernel weight (TKW).

References

- Vogler A., H. Eisenbeis, I. Aulinger-Leipner, P. Stamp 2009: Impact of topography on cross-pollination in maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy* 31: 99-102.
- Vogler A., M. Wettstein-Bättig, I. Aulinger-Leipner, P. Stamp 2009: The airborne pollen flow of maize (*Zea mays* L.) in a multi-crop designed field plot. *Agricultural and Forest Meteorology*: 1776-1780.
- Vogler A., M. Bertossa, I. Aulinger-Leipner, P. Stamp 2010: Weather Effects on Cross-Pollination in Maize. *Crop Science* 50: 713-717.
- Munsch M., K.-H. Camp, P. Stamp, C. Weider 2008: Modern maize hybrids can improve grain yield as plus-hybrids by the combined effects of Cytoplasmic male sterility and allo-pollination. *Maydica* 53: 261-268.
- Munsch M., P. Stamp, N.K. Christov, X.M. Foueillassar, A. Hüsken, K.-H. Camp, C. Weider 2010: Grain Yield Increase and Pollen Containment by Plus-Hybrids Could Improve Acceptance of Transgenic Maize. *Crop Science*, published online 12 April 2010.
- Bannert M., A. Vogler, P. Stamp 2008: Short-distance cross-pollination of maize in a small-field landscape as monitored by grain color markers. *European Journal of Agronomy* 29: 29-32.
- Bannert M., P. Stamp 2007: Cross-pollination of maize at long distance. *European Journal of Agronomy* 27: 44-51.
- Weider C., P. Stamp, N. Christov, A. Hüsken, X. Foueillassar, K.-H. Camp, M. Munsch 2009: Stability of Cytoplasmic Male Sterility in Maize under Different Environmental Conditions. *Crop Sci.* 49: 77-84.

Seed purity in maize as one of the keys to define appropriate limits for coexistence

Dominique Dietiker, Mark Westgate und Peter Stamp

Introduction

During the last 10 years the GM pollen dispersal pattern in maize over long and short distance has been intensively studied (Astini et al., 2009, Bannert and Stamp, 2007, Bannert et al., 2008, Della Porta et al., 2008, Devos et al., 2005, Goggi et al., 2006, Ma et al., 2004). The studies ranged from pollen dispersal between adjacent fields to fields separated by several kilometres. Surprisingly, the behaviour of seed impurity, which is an in-field out-crossing, has been almost neglected, even though the problematic of adventitious pollen in hybrid seed production fields is well known since long (Astini et al., 2009, Burris, 2001, Hutchcroft, 1959, Ireland et al., 2006). Additionally, mathematical models developed as prediction tools (e.g. Angevin et al., 2008, Arritt et al., 2007) also do not consider seed impurity.

In our study (i) we generated and analysed for the first time a dataset of seed admixture dispersion starting from an initial seed admixture of 1% under real farming conditions on the Swiss Plateau with the colour marker system; (ii) we suggested a seed purity threshold that would allow the maize producers to respect the 0.9% threshold imposed by the European Union for the labelling of non-GM product (European Commission, 2001); (iii) we developed and tested the validity of a mathematical prediction tool (SAMETH) for seed admixture dispersion; (iv) we analysed selected flowering properties of modern hybrids with SAMETH and recommended those that limited the dispersion of seed admixture.

Materials and Methods

The impact of 1% initial seed admixture was assessed in 20 fields (17 IPM, 3 organics) in the Swiss Midlands in 2007 and 2008. The blue-kernelled French hybrid *Adonis* was used as homozygous colour-marker admixture and added to yellow-kernelled commercial cultivars. In every field flowering assessment was performed and vegetative and agronomical parameters were collected (e.g. plant height, plant density, crop protection). Sample of harvest were collected and the amount of blue kernels was determined.

The Seed Admixture Model (SAMETH), a tool to predict seed admixture dispersion, was developed combining flowering algorithms (pollen shed and silks exertion dynamics) with a 3D-Lagrangian stochastic model for pollen dispersion. The model was tested against the previously generated dataset. Additionally, sensitivity analysis for pollen was performed.

The impact of four important flowering characteristics of commercial hybrids (anthesis-silking interval, duration of plant pollen shed, population homogeneity of the pollen shed and amount of cytoplasmic male sterile-plants in a field) on a homozygous 0.3% seed impurity were tested with SAMETH to determine how they should be selected by breeders to buffer at best seed impurity.

Results and Discussion

On average, the seed admixture at harvest was 2.8 times greater than the seed admixture at sowing (1%) and ranged from 0.7% to 6.0%. The greater pollen production of *Adonis* relative to the yellow hybrid explained the increase in the harvest seed admixture through pollen flow. The lesser average kernel number per

plant of *Adonis* (316 kernels per plant, commercial hybrids 451 kernels per plant) buffered the effect of pollen flow. Correcting for these differences provided simulation results compatible with the Hardy–Weinberg equilibrium for a trait with 1% frequency. When compared among the 20 field situations: (i) flower synchrony between admixture and commercial sub-population and (ii) vertical distance between tassels of *Adonis* and ears of the commercial hybrid contributed most to field differences. To guarantee the 0.9% threshold imposed by the EU for GM-free product, the seed admixture threshold should be $\leq 0.3\%$.

SAMETH was able to simulate the seed admixture with $r^2=0.83$. The sensitivity analysis showed that the model was sensitive to the absolute released pollen quantities but it was still able to predict seed admixture rather accurately. Because of its reliability, the model was used to select for flowering properties of modern hybrids that could be useful to buffer the impact of seed impurity.

Determined with SAMETH, modern hybrids would buffer seed impurity at best (i) with an ASI between -3 and 0 days, (ii) with a short duration of the plant pollen shed (5 to 6 days) and (iii) when the plants in canopy start their pollen shed in more than 5 days. Additionally, cms-plants should be avoided.

References

- Angevin F., E.K. Klein, C. Choimet, A. Gauffreteau, C. Lavigne, A. Messean, J.M. Meynard 2008. Modelling impacts of cropping systems and climate on maize cross-pollination in agricultural landscapes: The MAPOD model. *European Journal of Agronomy* In Press.
- Arritt, R.W., C.A. Clark, A.S. Goggi, H. Lopez Sanchez, M.E. Westgate, J.M. Riese 2007. Lagrangian numerical simulations of canopy air flow effects on maize pollen dispersal. *Field Crops Research* 102:151-162.
- Astini J.P., A. Fonseca, C. Clark, J. Lizaso, L. Grass, M. Westgate, R. Arritt 2009. Predicting Outcrossing in Maize Hybrid Seed Production. *Agron J* 101: 373-380.
- Bannert M., P. Stamp 2007. Cross-pollination of maize at long distance. *European Journal of Agronomy* 27:44-51.
- Bannert M., A. Vogler, P. Stamp 2008. Short-distance cross-pollination of maize in a small-field landscape as monitored by grain color markers. *European Journal of Agronomy* 29:29-32.
- Burris J.S. 2001. Adventitious pollen intrusion into hybrid maize seed production fields, *In* I. American Seed Trade Association, (ed.) Proceedings of 56th Annual Corn and Sorghum Research Conference, Washington, DC.
- Della Porta G., D. Ederle, L. Bucchini, M. Prandi, A. Verderio, C. Pozzi 2008. Maize pollen mediated gene flow in the Po valley (Italy): Source-recipient distance and effect of flowering time. *European Journal of Agronomy* 28: 255-265.
- Devos Y., D. Reheul, A.D. Schrijver 2005. The co-existence between transgenic and non-transgenic maize in the European Union: a focus on pollen flow and cross-fertilization. *Environmental Biosafety Research* 4: 71-87.
- Goggi A.S., P. Caragea, H. Lopez-Sanchez, M. Westgate, R. Arritt, C. Clark 2006. Statistical analysis of outcrossing between adjacent maize grain production fields. *Field Crops Research* 99: 147-157.
- Hutchcroft C.D. 1959. Contamination in Seed Fields of Corn Resulting from Incomplete Detasseling. *Agron J* 51: 267-271.
- Ireland D.S., D.O. Wilson Jr., M.E. Westgate, J.S. Burris, M.J. Lauer 2006. Managing Reproductive Isolation in Hybrid Seed Corn Production. *Crop Sci* 46: 1445-1455.
- Ma B.L., K.D. Subedi, L.M. Reid 2004. Extent of Cross-Fertilization in Maize by Pollen from Neighboring Transgenic Hybrids. *Crop Sci* 44: 1273-1282.

Durchwuchspotenzial von Ausfallraps in Abhängigkeit von der Rapssorte und der Nachfrucht

Ernst A. Weber, Sabine Gruber, Falko Stockmann, Kirstin Frick und Wilhelm Claupein

Einleitung

Ausfallraps kann im Boden unter bestimmten Bedingungen sekundäre Dormanz entwickeln und so mehrere Jahre im Boden überdauern. Dies kann in Folgefrüchten zu Durchwuchsproblemen führen. Durchwuchsraps ist aufgrund seiner Unkrautwirkung unerwünscht, aber auch deshalb, weil auf diese Weise bestimmte Genotypen auf einer Fläche überdauern können, wie z. B. Sorten mit gentechnischen Veränderungen, die über Pollenflug oder Vermischung von Samen zu unerwünschtem Gentransfer führen können. Zwar ist bekannt, dass hoch dormante Sorten einen größeren Bodensamenvorrat zur Folge haben als gering dormante Sorten (Gruber und Claupein 2007), doch bestehen noch offene Fragen, in welchem Umfang sich dies auch in der Nachfrucht niederschlägt. Ziel der zweijährigen Untersuchung ist, das Potenzial von Durchwuchsraps nach simuliertem Samenausfall zweier unterschiedlich dormanter Rapssorten in ausgewählten Winterungen und Sommerungen bei praxisüblichem Herbizideinsatz zu untersuchen.

Material und Methoden

Zu dieser Fragestellung wurde 2008/2009 und 2009/2010 auf der Versuchstation Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø 8,1°C, Ø 693 mm) ein Feldversuch (Spaltanlage; 4 Wiederholungen) durchgeführt. Das Durchwuchspotenzial der gering dormanten Rapssorte Express (Dormanz 2008: 15 %, 2009: 18 %) und der hoch dormanten Sorte Smart (Dormanz 2008: 95 %, 2009: 75 %) wurde in den Winterungen Winterrübsen (WRü, zur Simulation eines Rapsbestandes), Winterweizen (WW) und den Sommerungen Sommergerste (SG) und Körnererbse (KE) untersucht. Zeitnah zur üblichen Rapsernte 2008 und 2009 wurden zur Simulation von Ausfallverlusten Samen der beiden Sorten in einer Dichte von 10.000 Samen m⁻² mittels modifiziertem Kastendüngerstreuer ausgestreut und unmittelbar danach flach eingearbeitet (DynaDrive). Die Grundbodenbearbeitung wurde nichtwendend durchgeführt. Aussaat, Düngung und Bestandesführung erfolgten den Kulturarten entsprechend zu praxisüblichen Terminen und nach Bedarf. Aufgrund geringen Unkrautdruckes unterblieb 2010 der Herbizideinsatz in WW, SG und KE. Zu Vegetationsbeginn 2009 und 2010 wurde der Bodensamenvorrat (BSV; 0-30 cm Bodentiefe; 40 Einstiche) bestimmt. Die Anzahl aufgelaufener Durchwuchsrapspflanzen im Vegetationsverlauf wurde in regelmäßigen Zählungen erfasst. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Prozedur MIXED des Statistikpaketes SAS, war aber nur bedingt möglich, da nicht alle Datensätze die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllten.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Jahren war der BSV der hoch dormanten Ausfallrapssorte Smart zu Vegetationsbeginn deutlich höher als der der gering dormanten Sorte Express, die im Frühjahr 2009 im BSV überhaupt nicht vorlag (Express 2009: 0 Samen m⁻², 2010: 125 Samen m⁻²; Smart 2009: 313 Samen m⁻², 2010: 1396 Samen m⁻²; nicht dargestellt).

Bedingt durch starken Erdflöhebefall fiel im ersten Versuchsjahr (2008/2009) die Winterrübsenvariante aus. Der Erdflöhebefall dürfte sich auch auf das Auftreten von Durchwuchsrapss ausgewirkt haben. Im Vegetationsverlauf trat 2009 Durchwuchsrapss in WW, SG und KE auf, mit 1,5 - 3 Pflanzen m^{-2} bei der hoch dormanten Sorte Smart und 0,02 - 0,13 Pflanzen m^{-2} bei der gering dormanten Sorte Express (nicht dargestellt). Nach Herbizideinsatz Ende April 2009 wurde bis zur Druschreife nur noch in den Körnererbsen Durchwuchs gefunden, bedingt durch günstige Entwicklungsbedingungen in den schwachen Erbsenbeständen und der fehlenden Möglichkeit zur chemischen Bekämpfung in dieser Kultur. In keiner der Varianten kam 2009 Durchwuchsrapss zur Blüte.

Im zweiten Jahr erreichten in den Winterrübsen zwischen zwei (Express) und zehn (Smart) Durchwuchspflanzen pro m^2 die Blüte (Abb. 1). Blühender Durchwuchsrapss wurde auch in den anderen Kulturen gefunden. Vermehrt trat Durchwuchs der hoch dormanten Sorte Smart auf, wenn auch auf vergleichsweise niedrigem Niveau von weniger als 0,5 Pflanzen m^{-2} und ohne signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen.

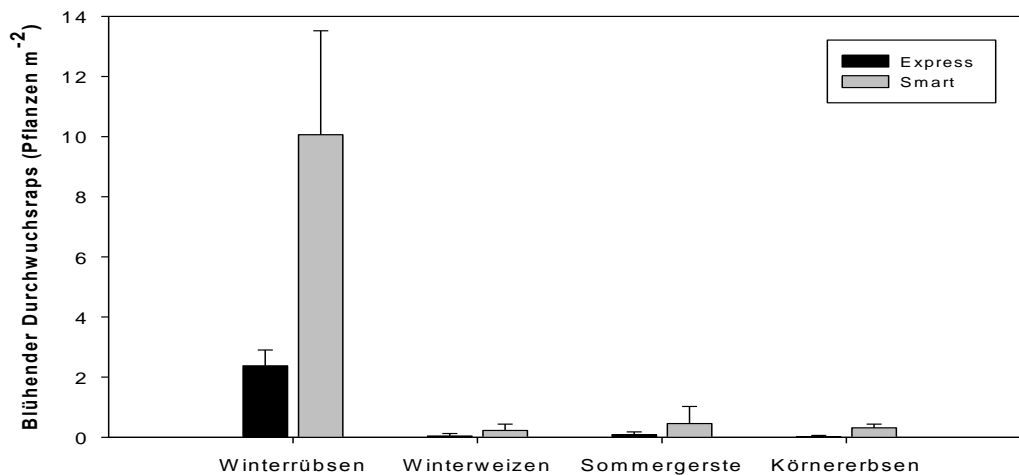


Abb. 1: Blühender Durchwuchsrapss 2010 (Zeitraum 11.05.-04.06.) in verschiedenen Nachfrüchten in Abhängigkeit von der Ausfallrapssorte. Fehlerbalken = Standardabweichung. Unterschiede bei Sorte Smart zwischen WW, SG und KE nicht signifikant, $\alpha=0,05$; Tukey-Test).

Das Potenzial für Gentransfer von Durchwuchsrapss über Pollen hing in dieser Studie vom Jahr und dem Dormanzniveau der Ausfallrapssorte ab. Hier besaß die hoch dormante Sorte mit größerer Bodensamenbank ein erhöhtes Potenzial in allen geprüften Kulturarten. Höhere Dichten an Durchwuchs waren 2010 in Winterrübsen zu beobachten, der ein Auflaufen des Durchwuchses in einem Zeitraum ähnlich dem von gesättem Kulturraps erlaubte und gleichzeitig eine chemische Bekämpfung nicht möglich war. Blühender Durchwuchsrapss kann aber auch in anderen Kulturen, ob Winterungen oder Sommerungen (hier WW, SG, KE 2010), auftreten, wenn chemische Bekämpfung nicht möglich ist (hier KE 2010) bzw. aus Gründen geringer Restverunkrautung der Herbizideinsatz unterlassen wird (hier WW, SG 2010).

Literatur

Gruber S., Claupein W. 2007. Low-dormancy oilseed rape genotypes - what can they contribute to co-existence? Proceedings of the 3rd International Conference on Co-Existence between GM and non-GM based agricultural supply chains, Sevilla, Spanien, p. 259-260.

Biologisches Confinement – eine sinnvolle Strategie zur Begrenzung der Pollenausbreitung transgener Pflanzen?

Alexandra Hüsken

Einleitung

Die Entwicklung und Anwendung biologischer Confinement-Strategien, die den Genfluss zwischen transgenen und nicht transgenen Pflanzen reduzieren sollen, können einen positiven Beitrag zur Koexistenz verschiedener Anbausysteme leisten und zu einer Verbesserung der biologischen Sicherheit von transgenen Pflanzen für bestimmte Anwendungen beitragen. Die meisten biologischen Confinement-Strategien sind bislang nur in Modellpflanzen getestet worden, einige wenige Methoden sind in oder kurz vor der Anwendung (cytoplasmatische männliche Sterilität, Kleistogamie und Plastidentransformation).

Transplastome Pflanzen tragen die gentechnische Veränderung nur in den Plastiden, die in der Regel maternal, d.h. nicht über den Pollen, vererbt werden. Ein vertikaler Gentransfer auf benachbarte kreuzbare Pflanzen soll somit nahezu ausgeschlossen werden. Verschiedene Verfahren zur gezielten Insertion in das plastidäre Genom sind beschrieben worden. Zuerst wurde die Plastidentransformation in Grünalgen erfolgreich etabliert, später in höheren Pflanzen wie Tabak, Sojabohne, Kartoffeln, Tomaten und Baumwolle (Murphy, 2007). Weitere Vorteile dieser Transformationsmethode sind die hohe Expressionsrate des Transgens und das Fehlen von Positionseffekten. Das Phänomen der cytoplasmatisch männlichen Sterilität (CMS) wird als Unfähigkeit einer Pflanze, fertile Pollen zu produzieren, beschrieben. CMS beruht auf einer Mutation der mitochondrialen DNA. Untersuchungen bei Mais, Sorghum und Raps zeigen, dass CMS rein maternal mit den Mitochondrien vererbt wird. Diese Eigenschaft ist aber reversibel in Gegenwart eines oder mehrerer sog. Restorer-Gene (*Rf*-Gene), die im Kern lokalisiert sind. Des Weiteren können auch Umwelteinflüsse wie Starkregen und extreme Hitze die Sterilität aufheben. Insgesamt wurde die CMS bei über 150 Pflanzenarten beobachtet. Sie tritt entweder spontan auf oder entsteht durch intraspezifische oder interspezifische Kreuzungen. Ein weiteres geeignetes Werkzeug zum biologischen Confinement sind kleistogame Pflanzen, da die Befruchtung bei geschlossener Blüte erfolgt und somit ein Pollen-vermittelter Genfluss effektiv unterbunden werden kann. Während die meisten offenen Blüten selbst-kompatibler Arten potentiell fremd- oder selbstbestäubt sein können, stellen kleistogame Blüten, die obligat selbstbestäubt sind, einen extremen Fall der Blütenreduktion dar. Vielfach untersucht und nachgewiesen wurden die kleistogamen Blüten bei *Viola*-Arten, Leguminosen und Gräsern (Culley and Klooster, 2007). Bislang sind nur wenige genetische Details, die zur Ausprägung des kleistogamen Phänotyps führen, bekannt. Aktuelle Forschungsergebnisse bei der Sojabohne zeigen, dass die Kleistogamie im Minimum durch zwei Gene mit epistatischer Wirkung kontrolliert wird (Takahashi et al., 2001).

Ergebnisse und Diskussion

Entscheidend für den effektiven Einsatz dieser Strategien ist es, dass ihre Stabilität über mehrere Jahre und in verschiedenen Umwelten im Praxisanbau getestet wird. Aktuelle Studien zur Stabilität transplastomer Tabakpflanzen untersuchten das Vorkommen einer gelegentlichen Undichtheit der mütterlichen Vererbung („paternal leakage“, Ruf et al., 2007). Hier konnte gezeigt werden, dass unter Standardbedingungen im Gewächshaus dieses „paternal leakage“ extrem selten ist. Eine paternale Vererbung von transgenen Plastiden wurde mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von nur 2.86×10^{-6} in das Sprossapikalmeristem gefunden. Inwieweit diese Rate von Wachstums-, Wetter- und Klimabedingungen abhängt, ist unbekannt. Hier ist es erforderlich, Feldversuche unter praxisnahen Bedingungen in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren und an verschiedenen Standorten durchzuführen. Weider et al. (2009) führten europaweite Ringversuche durch, um die Merkmalsstabilität moderner CMS-Maissorten in verschiedenen Umwelten zu testen. Von 20 getesteten CMS-

Hohertragsorten waren 6 in allen Umwelten hundertprozentig steril, 10 der geprüften Sorten verhielten sich fluktuierend steril, d.h. sie bildeten entweder in geringen bis mittleren Mengen sterilen oder in geringen bis mittleren Mengen fertilen Pollen aus, und vier von zwanzig Sorten waren voll befruchtungsfähig. Im Rahmen eines biologischen Confinements könnten die CMS-Pflanzen zusammen mit männlich fertilen, also befruchtungsfähigen Pflanzen angebaut werden, z.B. in einem Mischungsverhältnis von 80:20. Bereits publizierte Versuche mit konventionellen Maissorten zeigen, dass in diesem Anbausystem männlich sterile Pflanzen sogar höhere Erträge (Plus-Hybrid-Effekt) als männlich fertile Pflanzen bringen (Munsch et al., 2010). Im Rahmen eines Mutationsprogrammes konnten französische Wissenschaftler Kleistogamie beim Raps induzieren (Renard and Tanguy, 1997). Der kleistogame Phänotyp basiert auf einer Mutation im *clg1*-Gen (Lu et al. 2009). Durch den Austausch einer einzelnen Base (C→T) wird im kleistogamen Rapsgenotyp ein Protein exprimiert, bei dem an einer Position die Aminosäure Leucin durch Prolin ersetzt wird. Mittels gezielter Selektion auf Merkmalsstabilität konnte neues Material entwickelt werden, welches in europaweiten Ringversuchen geprüft wurde (Leflon et al., 2009). Hier wurde gezeigt, dass die Ausprägung der Kleistogamie beim Raps unabhängig vom Zeitpunkt der Blühbonitur (morgens/abends) und dem Einsatz eines Wachstumsregulators ist und dass die stabilste Linie einen durchschnittlichen Anteil von 94% geschlossenen Blüten am Haupt- und Nebetrieb aufweist. In weiteren Experimenten wurde die Fremdbefruchtungsrate der stabilsten kleistogamen Linie getestet (Leflon et al., 2008). Einzelpflanzen, die unter einem hohen Fremdpollendruck aufwuchsen, wiesen eine Fremdbefruchtungsrate zwischen 4,4% und 16,2% auf, im Vergleich dazu wurde bei herkömmlichen offen blühenden Rapslinien eine durchschnittliche Fremdbefruchtungsrate von 30% ermittelt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die hier vorgestellten biologischen Confinement-Methoden ein geeignetes Instrument zur Auskreuzungskontrolle darstellen. Im Falle von Instabilitäten sollten sie beim Anbau von bestimmten nutzungsveränderten transgenen Pflanzen (z.B. spezielle pharmazeutische Wirkstoffe (PMPs), Industrierohstoffe (PMIs)) mit anderen biologischen oder physikalischen Confinement-Methoden, wie z. B. geringe Isolationsabstände bzw. Mantelsaaten, kombiniert werden.

Literatur

- Culley T.M., Klooster M.R. 2007: The Cleistogamous Breeding System: A Review of Its Frequency, Evolution, and Ecology in Angiosperms. *The Botanical Review* 73(1): 1-30.
- Leflon M., Hüsken A., Pendergast D. et al. 2008: Cleistogamy of oilseed rape: a way to prevent pollen flow at the field scale? (*Brassica napus* L.). 5th ISHS International Symposium on Brassicas and the 16th Crucifer Genetics Workshop, Lillehammer, 8–12 September 2008.
- Leflon M., Hüsken A., Njontie C. et al. 2009: Stability of the cleistogamous trait during the flowering period of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant breeding*. doi:10.1111/j.1439-0523.2009.01645.x
- Lu Y.-H., Belcram H., Rouault P. et al. 2008: Cloning of a Cleistogamy Gene *Clg1* in Oilseed Rape (*B. napus* L) 5th ISHS International Symposium on Brassicas and the 16th Crucifer Genetics Workshop, 8-12 September 2008, Lillehammer, Norway.
- Munsch M., Stamp P., Christov N.K., Foueillassar X.M., Hüsken A., Camp K.H., Weider C. 2010: Grain Yield Increase and Pollen Containment by Plus-Hybrids Could Improve Acceptance of Transgenic Maize. *Crop Sci.* 50: 909-919.
- Murphy D.J. 2007: Improving containment strategies in biopharming. *J Plant Biotechnol.* 5: 555-569
- Renard M., X. Tanguy (1997): Obtention de mutants cléistogames de crucifères. Brevet FR 97 1576.
- Ruf S., Karcher D., Bock R. 2007 Determining the transgene containment level provided by chloroplast transformation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104(17): 6998-7002
- Takahashi R., Kurosaki H., Yumoto S. et al. 2001: Genetic and linkage analysis of cleistogamy in Soybean. *Journal of Heredity* 92(1): 89-92.
- Weider C., Stamp P., Christov N., Hüsken A., Foueillassar X., Camp K.H., Munsch M. 2009: Stability of Cytoplasmic Male Sterility in Maize under Different Environmental Conditions. *Crop Sci.* 49: 77-84

Humus-, Stickstoff- und Energiebilanzen in Zuckerrübenanbausystemen unter Berücksichtigung klimarelevanter Gesichtspunkte

Katrin Grasin, Peter Deumelandt, Bernhard Wagner und Olaf Christen

Einleitung

Die Aktualität der Treibhausgasemissionen ist, neben vielen anderen Bereichen, in der Landwirtschaft ein kontrovers diskutiertes Thema. Der Ausstoß klimarelevanter Gase, bisher kostenlos, wird kurz- oder mittelfristig zu einem Kosten- und Wettbewerbsfaktor, weshalb Konzepte zum Management der Treibhausgasemissionen für landwirtschaftliche Unternehmen zu konzipieren und implementieren sind. Als eine Möglichkeit, den Klimahaushalt positiv zu beeinflussen, werden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Fruchtfolgen anhand des 1970 angelegten Zuckerrübenkonzentrationsversuches in Etzdorf auf ihre Nachhaltigkeit untersucht. Es soll erarbeitet werden, inwieweit der Betriebsleiter eines landwirtschaftlichen Unternehmens speziell auf die Emission von Treibhausgasen durch eine angepasste Zuckerrübenfruchtfolge Einfluss nehmen kann.

Material und Methoden

Die Bilanzierung betrieblicher Stoff- und Energiekreisläufe ist einer der wichtigsten Indikatoren der ökologischen Nachhaltigkeit (Hülsbergen et al. 1998). Verschiedene Bodennutzungssysteme, wie sie im Dauerversuch von Etzdorf praktiziert werden, sind anhand ökologischer (z. B. Stickstoffsaldo) und ökonomischer Faktoren (z. B. Deckungsbeitrag) in ihrer Nachhaltigkeit durch die Verwendung von Computermodellen bewertbar. Zur Analyse und Bewertung der acht Anbaujahre als Teil des Dauerversuches Etzdorf wird das PC-Programm REPRO, welches an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg entwickelt wurde, genutzt. Dafür wurden sämtliche Standort- und Klimadaten, alle pflanzenbaulichen Maßnahmen von der Aussaat bis zur Ernte und die Ertragsdaten der Fruchtarten vollständig schlagspezifisch erhoben. Anhand der Prüfmerkmale Ertrag und den Stickstoff-, Humus- und Energiebilanzen und des Treibhausgaspotenzials der verschiedenen Fruchtfolgen soll eine Empfehlung für die nachhaltigste Produktion gegeben werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse und Bewertung der fruchtfolgespezifischen Daten ergab einen Optimierungsbereich des Stickstoff- und Humusmanagements in allen Fruchtfolgen. Alle Stickstoffsalden weisen einen Überschuss auf, der zwischen 107 kg N ha^{-1} und 210 kg N ha^{-1} variierte. Dabei sollte dem Anbau von Luzerne als Fruchtfolgefeld in der Berechnung der N-Düngergaben besondere Beachtung geschenkt werden. Gleiches gilt für den organischen Dünger, welchem aufgrund des Preisanstieges mineralischer Dünger in Zukunft mehr Aufmerksamkeit zukommen wird. Insgesamt müssen diese Faktoren aufeinander abgestimmt werden, um Überschüsse zu vermeiden bzw. zu niedrige N-Salden nicht entstehen zu lassen. Aufgrund der humuszehrenden Wirkung der Zuckerrübe ist ohne eine ausreichende Zufuhr von organischen Düngern keine ausgeglichene Humusbilanz möglich. Auch der Anbau von Luzerne in den Fruchtfolgen führte zu positiven Bilanzen. Die ermittelten Salden bewegten sich zwischen $-203 \text{ kg C ha}^{-1}$ und 556 kg C ha^{-1} , wobei einzig die Monokultur auch nach organischer Düngung keine akzeptablen Werte erreichte. Der Bilanzüberschuss muss optimiert werden, da es sonst zu nicht tolerierbaren C-

Freisetzungen kommt. Dagegen befindet sich der Humushaushalt landwirtschaftlicher Ackerflächen auf einem sehr niedrigem Niveau (Bischoff and Emmerling 2003). Für das Treibhauspotenzial der Zuckerrübenfruchtfolgen, welches von all diese Faktoren bestimmt wird, lassen sich Werte zwischen 849 kg CO₂-Äquivalente ha⁻¹ und 4080 kg CO₂-Äquivalente ha⁻¹ errechnen. Ein entscheidender Faktor des Ergebnisses ist dabei der Humussaldo, da er Bindung oder Freisetzung von Kohlenstoff bewirkt. Nach der Zielwertdefinition sind Fruchtfolgen mit bis zu 50 % Zuckerrübenanteil unter den gegebenen Bedingungen durchaus für die allgemeine Praxis geeignet. Ist ein Ackerbaubetrieb gezwungen, die Produktivität seiner Flächen durch Erhöhung des Zuckerrübenanteils zu erlangen, bedingt dies stark negative Humusbilanzen. Mit dem Einsatz organischer Dünger und der Integration humusmehrender Kulturen stehen dem Betriebsleiter verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, auch einen Anteil von über 20 % Zuckerrübe in der Fruchtfolge nachhaltig zu vertreten. Gerade im Hinblick auf die Produktion von Ethanol aus Zuckerrüben könnte diesen Erkenntnissen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Lütke-Entrup und Oehmichen (2000) weisen auf einen Energieoutput hin, der 63 % über dem Energie-Input im Anbau von Zuckerrüben liegt. Von der Ausdehnung der Fruchtfolgen würde die energetische Nutzung dieser Hackfrucht somit profitieren.

Literatur

- Bischoff R., R. Emmerling 2003: Auswirkungen differenzierter organischer und mineralischer Düngung auf die Nährstoffsalden und Bodengehalte- Ergebnisse langjähriger Dauerversuche. Saarbrücken: VDLUFA-Schriftenreihe 59/2004, Kongressband, 2003.
- Hülsbergen K.-J., W. Diepenbrock, D. Rost 1998: Integration ökologisch-ökonomischer Analyse- und Bewertungsmethoden in das Modell REPRO und Anwendung in Referenzbetrieben Sachsen-Anhalts. Forschungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Lütke Entrup N., J. Oehmichen 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. Bonn: AgroConcept GmbH, S. 765-766.

Treibhausgasbilanzen im Winterrapsanbau

Klaus Sieling und Henning Kage

Einleitung

Nach der seit Herbst 2009 geltenden Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachVO) müssen Biokraftstoffe ein Treibhausgasminderungspotenzial von mindestens 35 % aufweisen. Ab 2017 müssen sogar 50 % THG eingespart werden. Besonders betroffen von dieser VO ist aus Raps hergestellter Biodiesel. Nach ersten Berechnungen kann Biodiesel aus Raps nur schwer 50 % THG gegenüber fossilem Diesel einsparen. Hauptursachen dafür sind der hohe Energiebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emissionen bei der Produktion von mineralischem Stickstoff sowie die Emission von Lachgas (N₂O) beim Anbau von Raps (Majer und Oehmichen 2010). Bei großer zeitlicher und räumlicher Variation korreliert die Lachgasemission positiv mit der Höhe der N-Düngung bzw. der Nitratverfügbarkeit im Boden (Ruser et al. 2001). Daher soll im Folgenden untersucht werden, welche pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Reduktion der N₂O-Emissionen im Winterrapsanbau beitragen können.

Material und Methoden

Grundlage für diese Modellkalkulationen sind Daten aus einem Fruchtfolgeversuch, der seit 2005 auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Östliches Hügelland Schleswig-Holsteins) mit vier unterschiedlichen Fruchtfolgen bei differenzierter Grundbodenbearbeitung und variierender N-Düngung (siehe auch Henke et al. 2008) durchgeführt wird.

FF 1 - (G) Erbsen – (G) Raps – (G) Mais – (P) Weizen

FF 2 - (P) Raps – (P) Weizen – (P) Gerste

FF 3 - (G) Raps – (G) Weizen – (G) Gerste

FF 4 - (P) Raps – (G) Mais – (G) Weizen – (P) Gerste

(P, G – Einsatz von Pflug oder Grubber)

N-Düngung zu Raps:

N1 – 0/0 kg N/ha

N2 – 80/80 kg N/ha

N3 – 120/80 kg N/ha

N4 – 120/120 kg N/ha

Die Parzellenerträge wurden für die Berechnung der Ertragsfunktionen um 10 % reduziert, um eine bessere Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis zu gewährleisten. Die N₂O-Emissionen und das daraus abgeleitete Treibhausgasminderungspotenzial wurden entsprechend den Vorgaben und den Default-Werten der Biokraft-NachVO berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Modellkalkulationen auf der Basis des o. g. Fruchtfolgeversuches auf Hohenschulen belegen, dass Raps nach Leguminosenvorfrucht einen deutlich verringerten N-Düngebedarf und damit auch eine bessere THG-Bilanz aufweist als Raps nach Getreidevorfrucht. Damit könnten in Zukunft Fragen der Fruchtfolgegestaltung wieder an Bedeutung gewinnen.

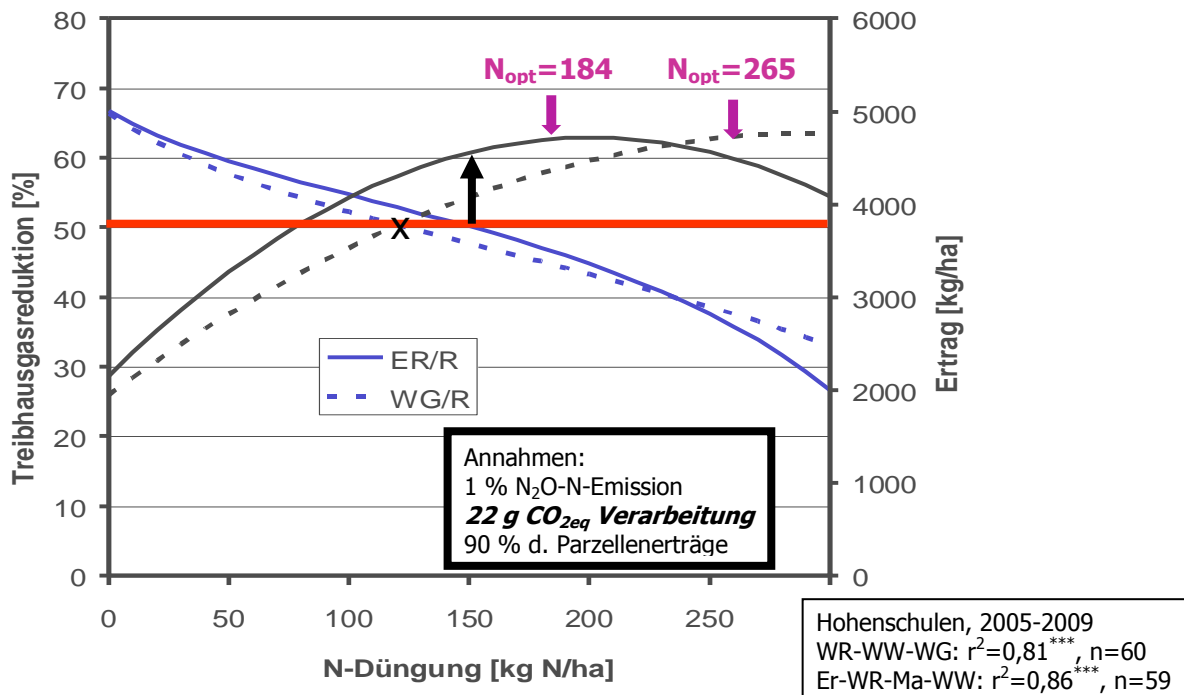


Abb. 1: Einfluss der N-Düngungshöhe auf Rapsenertrag und Treibhausgasreduktion bei Biodiesel in zwei unterschiedlichen Fruchtfolgen mit Wintergerste (WG/R) oder Erbsen (ER/R) als Vorfrucht

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass aus acker- und pflanzenbaulicher Sicht der Optimierung der N-Düngung von Raps eine besondere Rolle zukommt, z. B. durch Berücksichtigung der im Herbst vom Raps bereits aufgenommenen N-Menge bei der Bemessung der N-Düngung im Frühjahr. Kritisch zu diskutieren ist in diesem Zusammenhang die N-Düngung zu Raps im Herbst. Der nicht von der Pflanze aufgenommene Stickstoff vergrößert den Nitratpool im Boden, was das Risiko von Verlusten durch Auswaschung und Denitrifikation mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Umwelt stark erhöht. Im Gegensatz zur N-Düngung veränderten Unterschiede im Energieverbrauch bei den verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug vs. Grubber) das THG-Einsparungspotenzial nur wenig.

Literatur

- Henke J., U. Böttcher, D. Neukam, K. Sieling, H. Kage 2008: Evaluation of different agronomic strategies to reduce nitrate leaching after winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using a simulation model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82: 299-314.
- Majer S., K. Oehmichen 2010: Mögliche Ansätze zur Optimierung der THG-Bilanz von Biodiesel aus Raps. Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ), http://www.ufop.de/downloads/Optimierung_der_THG-Bilanz_von_RME.pdf (25.06.2010)
- Ruser R., H. Flessa, R. Schilling, F. Beese, J.C. Munch 2001: Effect of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutrient Cycling Agroecosystems* 59: 177-191.

Kohlenstoffdynamik in Gärprodukten aus Biogasanlagen der Nass- und Trockenfermentation

Verena Wragge, Karen Sensel und Kerstin Nielsen

Einleitung

Mit zunehmender Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland steigt auch die Verwendung der anfallenden Gärprodukte als Dünger, insbesondere beim Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion. Da während der Vergärung organische Substanz zu Methan und Kohlendioxid abgebaut wird, wächst die Sorge, dass die Humusreproduktionsleistung der Gärprodukte für Fruchtfolgen mit Energiepflanzen nicht ausreicht. Dies gilt im Besonderen für humuszehrende Kulturarten wie Mais. Der Anteil der organischen Substanz in den Gärprodukten wird u. a. von den eingesetzten Substraten sowie der Verweilzeit bestimmt. Mithilfe von anaeroben Abbauprobungen wurde das Restgaspotenzial zweier Gärprodukte, davon eines aus der Nass- und eines aus der Trockenfermentation, bestimmt. Durch einen aeroben Langzeit-Inkubationsversuch wurde über die Messung der CO₂-Freisetzung von Boden-Dünger-Gemischen der Kohlenstoff-Abbau aus Gärprodukten im Vergleich zu Rindergülle und Stallmist im Boden bestimmt.

Material und Methoden

Die wichtigsten Stoffkennwerte der verwendeten Dünger sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Ausgewählte Stoffkennwerte der verwendeten organischen Dünger (GP = Gärprodukt)

Substrat	TS	oTS	C _{ges}	N _{ges}	Lignin	Hemi-cellulose	Cellulose
	[%]						
GP flüssig	8,0	71,5	41,3	5,8	11,8	13,7	8,9
GP fest	13,8	79,1	42,8	4,3	9,3	18,0	17,6
Rindergülle	9,0	78,8	43,3	3,9	6,5	14,7	17,2
Festmist	22,7	68,4	35,2	2,9	23,1	0,8	11,8

Anaerobe Abbauprobungen: Die Restgaspotenziale der beiden Gärprodukte wurden in Batchversuchen mit Eudiometern bei 20 °C (entsprechend einer Lagertemperatur) und 38 °C (entsprechend der Temperatur im Fermenter) über eine Dauer von 90 Tagen im Dreifachansatz bestimmt (in Anlehnung an DIN 38414-S8).

Aerober Inkubationsversuch: Je 50 g Boden wurden mit einer Düngermenge, die 0,11 mg N g⁻¹ Boden entspricht, gemischt. Die Bodenatmung der Proben wurde mittels Respirometer (Respicond, Nordgren Innovations, Schweden) nach dem Prinzip der Konduktometrie über 100 Tage bei einer Temperatur von 22 ± 1 °C im Dreifachansatz gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die nach 90 Tagen im anaeroben Abbauprobung freigesetzte Restgasmenge aus den Gärprodukten war bei einer Inkubationstemperatur von 38 °C deutlich höher als bei 20 °C, jedoch sank die Gasbildungsrate nach etwa 20 Tagen deutlich ab, was bei einer Inkubationstemperatur von 20 °C nach 90 Tagen noch nicht der Fall war (Abb. 1). Das feste Gärprodukt besaß ein deutlich höheres Restgaspotenzial je organischer Trockensubstanz (oTS) als das flüssige Gärprodukt. Diese Unterschiede lassen sich durch die Zusammensetzung der Trockensubstanz erklären. Das feste

Gärprodukt enthielt verhältnismäßig mehr schwer abbaubares Lignin und dafür mehr leichter abbaubare Hemicellulose und Cellulose als das flüssige Gärprodukt (Tab. 1). Die organische Trockensubstanz des flüssigen Gärproduktes ist somit stabiler als die des festen Gärproduktes, was u. a. auf eine höhere Verweilzeit des Substrates in der Nassfermentations-Biogasanlage (ca. 43 Tage) gegenüber dem in der Trockenfermentations-Biogasanlage (32 Tage) zurückzuführen ist.

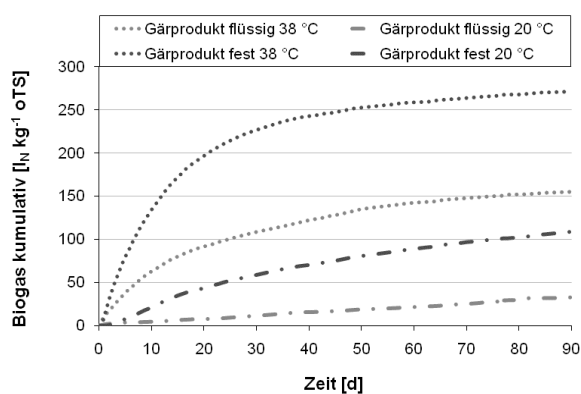


Abb. 1: Restgasentwicklung von Gärprodukten aus der Trocken- und Nassfermentation über 90 Tage bei 20 bzw. 38 °C

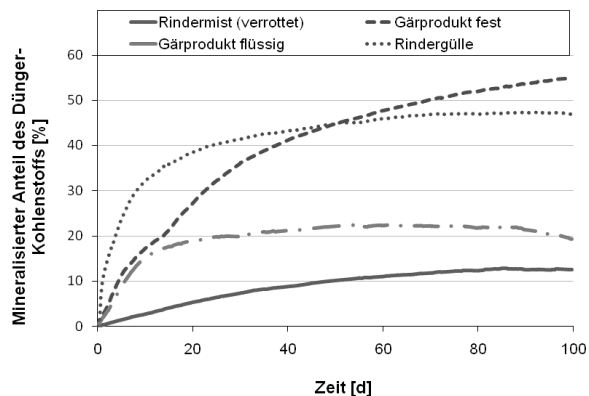


Abb. 2: CO₂-Exhalation von Bodenproben mit Gärprodukten im Vergleich zu Rindergülle und Festmist über 100 Tage Inkubation bei 22 °C

Aus der CO₂-Exhalation der Boden-Dünger-Gemische im aeroben Inkubationsversuch wurden die umgesetzten C-Mengen des durch die Dünger eingebrachten Kohlenstoffs berechnet, welche für Gülle 48 %, für das flüssige Gärprodukt dagegen nur 22 % betrug (Abb. 2). Diese Mineralisierungsraten sind vergleichbar mit den Werten von Reinhold et al. (1991), die nach 38 Tagen Inkubation einen C-Abbau von 38 % für Gülle und 21 % für ein Gärprodukt (aus der Fermentation von Gülle) fanden. Der mineralisierte Kohlenstoff des festen Gärproduktes lag mit 55 % mehr als viermal so hoch wie beim Festmist (13 %). Bei beiden war nach 100 Tagen jedoch noch kein stabiler Zustand der organischen Substanz im Boden erreicht. Diese Ergebnisse deuten an, dass die organische Substanz in flüssigen Gärprodukten stabiler ist als die der Gülle und die organische Substanz in festen Gärprodukten weniger stabilisiert ist als die von Festmist. Nach den Richtwerten der VDLUFA-Humusbilanzierungsmethode, die für Gärprodukte bisher nicht durch Dauerfeldversuche bestätigt wurden, werden ähnliche Stabilitäten der organischen Substanz für jeweils flüssige Gärprodukte und Gülle sowie feste Gärprodukte und Festmist angenommen. Dies kann durch die vorliegenden Versuchsergebnisse nicht bestätigt werden. Da der C-Abbau jedoch von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird, sind zur Ermittlung sicherer versuchsbasierter Humusreproduktionskennwerte weitere Versuche z. B. mit einer höheren Anzahl an Düngern sowie mit anderen Böden notwendig.

Literatur

Reinhold G., E.-M. Klimanek, G. Breitschuh 1991: Zum Einfluß der Biogaserzeugung auf Veränderungen in der Kohlenstoffdynamik von Gülle. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 35: 129-137.

Ökonomische Bewertung verschiedener Prozessketten zur Bereitstellung von Kurzumtriebsplantagen (KUP)-Holz

Stefanie Haid und Ludger Eltrop

Einleitung

Um die Erwartungen der Europäischen Kommission hinsichtlich des Biomasseanteils am Gesamtenergiemix zu erfüllen, müssen in Europa 26 Mio. Hektar mit Energiepflanzen (darunter auch Kurzumtriebsplantagen) bestockt werden (Proplanta 2009). Die Fläche an Kurzumtriebsplantagen liegt in Deutschland aktuell bei über 1.000 Hektar (Proplanta 2009). Diese Flächen sind zum Großteil noch im Versuchsstadium. In Schweden hingegen, wo Hackschnitzel aus KUP bereits kommerziell produziert werden, sind derzeit 13.500 Hektar mit Weiden bepflanzt (Lantmännen 2009). Erfahrungen aus Schweden zeigten, dass das größte Hemmnis, für die Entwicklung von Kurzumtriebsplantagen die geringe Rentabilität im Vergleich zur ackerbaulichen Nutzung ist (Proplanta 2009). Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen ist daher entscheidend, um Landwirte vom Anbau schnellwachsender Bäume zu überzeugen und somit die Anzahl der mit Feldholz bestockten Flächen zu vergrößern.

Wirtschaftlichkeit der KUP-Bewirtschaftung

Bei der Bereitstellung von Hackschnitzeln aus KUP entsteht im Gegensatz zu Waldrestholz-Hackschnitzeln Aufwand für Pflanz-, Pflege- und Erntekosten. Die Kultivierung von Feldholz kann jedoch eine sinnvolle Nutzung von schlechten, bisher brachliegenden Standorten darstellen und somit eine zusätzliche Einnahmequelle sein. Die Analyse verschiedener Prozessketten zeigt, dass die Pflanzkosten einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von KUP haben. In Abhängigkeit von z.B. Ertragserwartung, Transportdistanzen und geforderten Hackschnitzelqualitäten bieten sich zudem unter ökonomischen Gesichtspunkten unterschiedliche Logistikkonzepte (Ernteverfahren, Transportmittel, Lagerungskonzepte) an.

Material und Methoden

Jede Prozesskette stellt ein Produktsystem dar, das aus mehreren Prozessmodulen besteht. Diese setzen sich aus mehreren Arbeitsschritten zusammen. Die Analysen berücksichtigen die Arbeitsschritte als kleinste Ebene der Kette. Für jeden Arbeitsschritt eines Prozessmoduls werden die Kosten für Maschinen, Betriebsstoffe, Lohn und Material in € pro Hektar ausgewiesen. In einem darauffolgenden Schritt werden die anfallenden Kosten jedes Prozesses pro Hektar in Bezug auf die Nutzungsdauer der KUP in €/ha/a, nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2067 (2000) berechnet. Für die Bereitstellungsketten von Pappel- und Weidenhackschnitzeln wurden Standardketten aufgestellt (Abb.1). Diese enthalten die momentan praxisüblichen Prozesse. Die Prozessmodule „Flächenvorbereitung“ am Anfang und „Rekultivierung“ am Ende bilden die Systemgrenze des Produktsystems. Für jedes Prozessmodul gibt es Variationsmöglichkeiten. Das sind beispielsweise andere Pflanz- und Erntetechniken, Transportfahrzeuge, Transportdistanzen, andere Feldgrößen oder auch eine Änderung der Nutzungsdauer. In weiteren Schritten werden verschiedene Variationsmöglichkeiten berechnet und Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

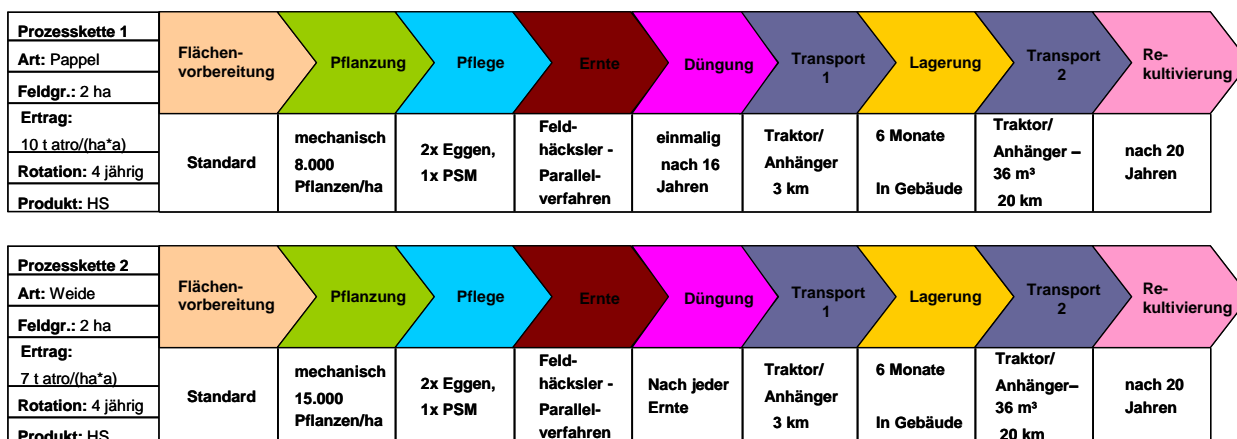


Abb 1: Standardketten zur Bereitstellung von Pappel- und Weidenhackschnitzeln (HS: Hackschnitzel)

Ergebnisse und Diskussion

Für die oben aufgeführten Standardketten wurden die Kosten der Prozesse berechnet. Die Gesamtkosten der Pappelkette liegen bei 984 €/ha/a, für die Weidenkette bei 918 €/ha/a. Die Erlöse wurden mit einem Hackschnitzelpreis von 89 € pro Tonne Hackschnitzel mit 30% Wassergehalt berechnet (nach Carmen 2009). Dieser Preis gilt für Hackschnitzel aus Waldrestholz und wurde verwendet, da es derzeit noch keinen Marktpreis für KUP-Hackschnitzel gibt. Zu den Erlösen wurde die Betriebsprämie (Direktzahlung pro Hektar) hinzugerechnet. Ohne die Betriebsprämie käme es bei der Weiden-Prozesskette zu Verlusten. Aufgrund der niedrigeren Erträge der Weide fällt der Gewinn der Weiden-Prozesskette kleiner aus. Die höheren Gesamtkosten der Pappelprozesskette kommen durch höhere Pflanz-, Lagerungs- und Transportkosten zustande. Die höheren Pflanzkosten sind durch die höheren Preise für Pappelstecklinge bedingt.

Literatur

Carmen e.V. 2009: www.carmen-ev.de.
 Eitrop L., Raab K., Hartmann H. 2004: Prozesskosten für Biobrennstoffe 2004. Erneuerbare Energien IV.
 Proplanta 2009: Das Informationszentrum für die Landwirtschaft. www.proplanta.de.
 Lantmännen 2009: www.lantmaennen.com.

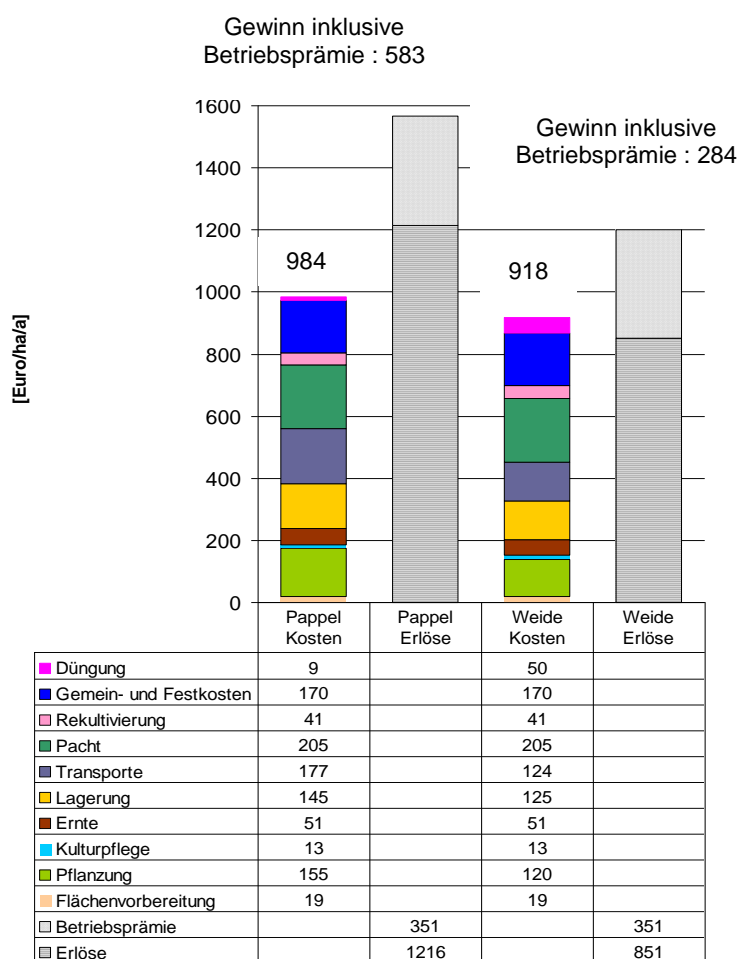


Abb 2: Kosten und Erlöse der Standardketten in €/ha/a für eine Nutzungsdauer von 20 Jahren

Ein Vergleich verschiedener Konversionsverfahren für die energetische Nutzung von Extensivgrünland

Felix Richter und Michael Wachendorf

Einleitung

Die Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) soll eine effiziente energetische Nutzung von extensiv und nach naturschutzfachlichen Gesichtspunkten bewirtschafteten Grünlandstandorten ermöglichen, die sich aufgrund von hohen Lignocellulose- und Mineralstoffgehalten in der Biomasse mit herkömmlichen Konversionsverfahren (Heuverbrennung, HV, und Ganzpflanzervergärung, GPV) problematisch darstellt. Ziel dieser Studie war der Vergleich unterschiedlicher Konversionsverfahren (HV, GPV, IFBB) im Hinblick auf die Qualität der Energieträger und die Energieeffizienz anhand einer breiten Spanne von Extensivgrünland-Vegetationen.

Material und Methoden

Die Grünlandbiomasse stammte von fünf montanen Beständen der Mittelgebirge Rhön und Schwarzwald sowie vier Flachlandbeständen des Oberrheingrabens. Die Bestände wurden in einem ersten Schnitt im Juli bzw. August beerntet und die Biomasse als Silage und als Heu konserviert. Die Silage wurde einerseits direkt in der GPV eingesetzt, andererseits nach dem IFBB-Verfahren mittels Schneckenpresse (Typ AV, Anhydro Ltd., Kassel), nach vorheriger Konditionierung mit Wasser bei 10°C bzw. 60°C, in einen Presssaft (PS) zur Biogasproduktion und einen Presskuchen (PK) zur Festbrennstoffproduktion getrennt. Methanausbeuten wurden für die Silage und den PS in Gärversuchen im Batch-Verfahren ermittelt. Im Heu und im PK wurden die Gehalte an K, Mg, Cl und S mittels Röntgenfluoreszenzanalyse sowie die Gehalte an C, H und N mittels Elementaranalyse bestimmt. Die Gehalte an Trockenmasse (TM) und Asche wurden in der frischen Biomasse, in der Silage, im PK und im PS nach Trocknung bei 105°C und Veraschung bei 550°C ermittelt. Der Brennwert (H_o) wurde nach Friedl et al. (2005), die Ascheerweichungstemperatur (AET) nach Hartmann (2001) berechnet. Die Energiebilanz wurde anhand von Energieinputparametern nach Richter et al. (2010) sowie der Energieproduktion basierend auf den gemessenen Methanausbeuten für die Biogasproduktion und dem H_o für die Wärmeproduktion des Festbrennstoffs berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gehalte der analysierten Inhaltsstoffe waren im PK nach einer hydrothermalen Konditionierung bei 60°C im Vergleich zum Heu signifikant ($P < 0.05$) um 28 % (Asche), 91 % (K), 59 % (Mg), 92 % (Cl), 21 % (N) und 44 % (S) reduziert (Tab. 1). Die Gehaltsminderungen bei einer Konditionierungstemperatur von 60°C waren größer als bei 10°C. Die Erhöhung der AET im PK verglichen mit Heu war statistisch signifikant ($P < 0.05$), die Erhöhung des H_o jedoch nicht. Methanausbeuten und Abbaugrade der oTS waren für den PS signifikant ($P < 0.05$) höher als für die Silage.

Der mittlere Brutto-Energieertrag der neun Grünlandbestände war 27.1 MWh ha⁻¹ (Abb. 1). Den höchsten Netto-Energieertrag erzielte die HV (17.23 MWh ha⁻¹), gefolgt von IFBB_60°C (13.19 MWh ha⁻¹), IFBB_10°C (11.26 MWh ha⁻¹) und der GPV (3.30 MWh ha⁻¹). Die Energieeffizienz der Konversionsverfahren, als Quotient aus Netto- und Brutto-Energieertrag, lag bei 64 % für die HV, bei 49 % für IFBB_60°C, bei 42 % für IFBB_10°C und bei 12 % für die GPV.

Tab. 1: Vergleich von Qualitätsparametern zwischen herkömmlichen Bioenergieträgern (Heu und Silage) und den IFBB-Energieträgern (Presskuchen und Presssaft) im Mittel von neun Grünlandbeständen.

	Einheit	Frische Biomass/Heu	Presskuchen 10°C	Presskuchen 60°C
Asche	g kg ⁻¹ DM	72.38	53.53	52.39
Kalium (K)	g kg ⁻¹ DM	12.70	2.46	1.11
Magnesium (Mg)	g kg ⁻¹ DM	2.11	1.11	0.86
Chlorid (Cl)	g kg ⁻¹ DM	3.33	0.55	0.27
Stickstoff (N)	g kg ⁻¹ DM	14.28	12.21	11.33
Schwefel (S)	g kg ⁻¹ DM	1.53	1.00	0.85
Brennwert (H _o)	MJ kg ⁻¹ DM	18.82	19.35	19.32
Ascheerweichungstemperatur (AET)	°C	1158	1203	1224
	Einheit	Silage	Presssaft 10°C	Presssaft 60°C
Methanausbeute	L _N kg ⁻¹ oTS	244.01	453.06	452.62
Abbaugrad der oTS	%	56	84	87

L_N, Normliter; oTS, organische Trockensubstanz

Obwohl die HV den höchsten Netto-Energieertrag erzielt, ist Wärme die einzige Form der Energieproduktion in diesem Verfahren und der Brennstoff von geringer Qualität. Demgegenüber produziert das IFBB-Verfahren Strom und Wärme mit einem qualitativ hochwertigeren Brennstoff, allerdings mit einer geringeren Konversionseffizienz.

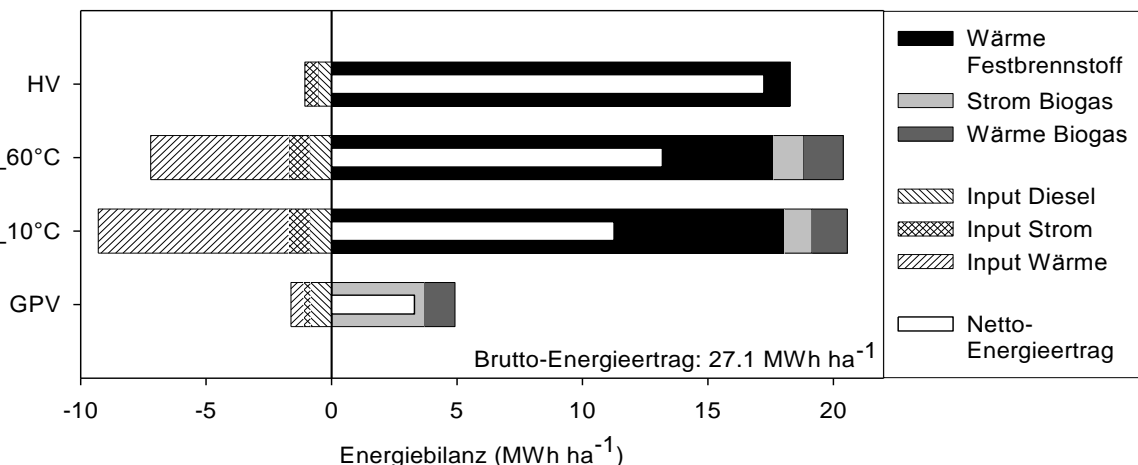


Abb. 1: Netto-Energieertrag als Bilanz von Energieinput und Energieproduktion der Heuverbrennung (HV), IFBB bei zwei Konditionierungstemperaturen (10 und 60°C) und der Ganzpflanzenvergärung (GPV) im Mittel von neun Grünlandbeständen.

Literatur

- Friedl A., E. Padouvas, H. Rotter, K. Varmuza 2005: Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Analytica Chimica Acta* 544: 191-198.
- Hartmann H. 2001: Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt, M. und H. Hartmann (Hrsg.) *Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren*, Springer-Verlag, Berlin, S. 248-272.
- Richter F., T. Fricke, M. Wachendorf 2010: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. III. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on solid fuel properties and on energy and green house gas balances. *Grass and Forage Science* 65: 185-199.

Minimierung der Mykotoxinbelastung in Getreide und Mais durch einen beschleunigten Abbau der Erntereste mittels Weißfäulepilzen

Simone Graeff-Hönninger, Wilfried Hermann, Andrea Abele und Wilhelm Claupein

Einleitung

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. Ein schnellerer Abbau der Erntereste durch den Einsatz saprophytärer Pilze könnte dazu beitragen, die Fusariuminfektion in der Folgekultur Weizen zu mindern.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof (480 m NN, 686 mm, 7,9 °C) wurde ein 2-jähriger Feldversuch (2007-2009) in der Fruchtfolgekonstellation Weizen nach Mais durchgeführt. Im Frühjahr 2007 wurde auf einem Schlag Mais cv. Shorty als Mulchsaat nach Weizen angebaut. Die Erntereste wurden auf dem Feld belassen und entsprechend der eingesetzten Bodenbearbeitungssysteme (Pflug, Mulchsaat, Direktsaat) in den Boden eingearbeitet. Als Folgefrucht wurde Winterweizen der Sorte Ritmo (Fusariumanfälligkeit: 7, BSA-Liste) auf den Parzellen mit einer Saatstärke von 300 Kö / m² (2007) bzw. 360 Kö / m² (2008) ausgesät. Als Versuchsfaktoren wurden die Pilzart (*Cyathus striatus*, *Phanerochaete chrysosporium*), die Bodenbearbeitung (Pflug, Mulchsaat, Direktsaat), der Ausbringungszeitpunkt des Inokulums (Herbst, Frühjahr) und die Inokulummenge (5 g m⁻² bzw. 10 g m⁻²) variiert. Zwischen den Parzellen (Abstand 15 m) wurde in Windrichtung die fusariumresistente Sorte Dekan nach Pflugeinsatz angebaut, um eine mögliche Windübertragung von Fusarium zwischen den einzelnen Varianten zu vermeiden. Auf Fungizidmaßnahmen wurde verzichtet, um eine Beeinflussung des Wachstums der Weißfäulepilze zu verhindern. Im Sommer 2008 und 2009 wurden an drei Terminen Bestandesbonituren auf Fusariumbefall ab Blühbeginn (BBCH 65) im wöchentlichen Abstand durchgeführt. In einem visuellen Monitoring wurden an 5 zufällig ausgewählten Stellen pro Parzelle 30 Ähren auf ihre prozentuale Befallsdichte beurteilt und auf den Bestand (ha) übertragen. Bei der Ernte wurden verschiedene Ertrags- und Qualitätsparameter wie Kornertrag, Ertragsaufbau und Rohproteingehalt des Kornguts bestimmt. Die DON-Gehalte wurden mittels EILISA nach Anleitung von r-biopharm (RIDASCREEN®FAST DON) untersucht.

Der Versuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage angelegt und mit der Prozedur „proc mixed“ SAS 9.1 (SAS Institute INC) statistisch verrechnet. Nach einem Test auf Varianzhomogenität und Normalverteilung folgte eine Varianzanalyse ($\alpha = 0,05$). Falls nötig, wurden heterogene Varianzen zugelassen.

Ergebnisse und Diskussion

Zusammenfassend zeigte sich, dass der Einfluss der Inokulummenge entscheidender war als der Ausbringungszeitpunkt. Allerdings wirkten sich weder die Inokulummenge (5 g m⁻² / 10 g m⁻²) noch der Ausbringungszeitpunkt (Herbst/Frühjahr)

signifikant auf die Abbauraten der Erntereste aus. Dabei konnten unter Einsatz von *Cyathus striatus* 1 höhere Abbauraten als unter Einsatz von *Phanerochaete chrysosporium* erreicht werden. Konnten unter kontrollierten Bedingungen im Gefäßversuch Abbauraten von 20-30 % über drei Monate erzielt werden, so lag die Abbaurate unter Freilandbedingungen über den gleichen Zeitraum bei 5-10 %. In der Konsequenz wurden die Maisernterückstände unter Freilandbedingungen nicht effizient genug abgebaut, um Fusarien die Lebensgrundlage zu entziehen. Die niedrigen Abbauraten führten daher dazu, dass unter Freilandbedingungen keine signifikante Verringerung des Fusarieninfektionsdrucks und damit der DON-Gehalte im Korngut von Winterweizen durch den Einsatz der Pilze festgestellt werden konnte.

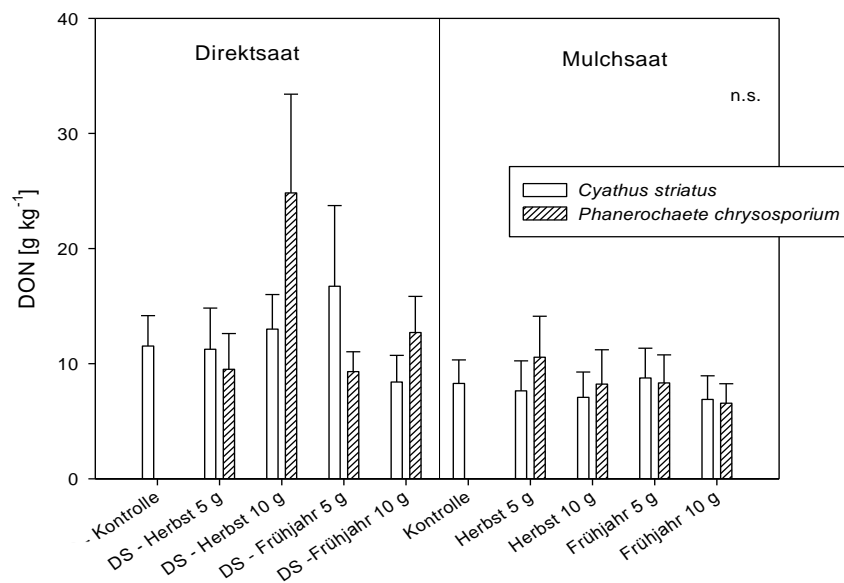


Abb. 1: DON-Gehalte [g kg⁻¹] im Weizenkorn im Mittel über die zwei Versuchsjahre (2007-2009) für die im Feldversuch geprüften Varianten Bodenbearbeitung, Weißfäulepilz, Inokulummenge, Ausbringungszeitpunkt Inokulum (MW, SF, n =3).

Im Vergleich der Bodenbearbeitungssysteme nahm die Mykotoxinbelastung in der Reihenfolge Direktsaat > Reduzierte Bodenbearbeitung > Pflug signifikant ab. Die eingesetzten Weißfäulepilze konnten zu keiner signifikanten Steigerung des Abbaus der Ernterückstände in Verbindung mit den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten beitragen. Bodenbearbeitung und die Gestaltung der Fruchtfolge bleiben damit derzeit die effizientesten Methoden zur Minimierung der Fusariumbelastung in Getreide.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

Ökovariabilität von Zuckerrüben auf sandigen Standorten

J. Krieger, F. Ellmer, M. Baumecker und H. Vogel

Einleitung

Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojektes wurden in der Region Berlin-Brandenburg auf drei verschiedenen Standorten, welche die sandigen Ackerbaugebiete des nordostdeutschen Tieflandes repräsentieren, Feldversuche durchgeführt. Ein Aspekt hierbei war die Ökovariabilität von Zuckerrübensorten.

Material und Methoden

Die Versuchsstandorte Berge, Berlin-Dahlem und Thyrow umfassen schwach schluffige bis anlehnmige Sandböden (Tab. 1).

Tab. 1: Eigenschaften der Versuchsstandorte in den Jahren 2008 und 2009

Bodenparameter	Standorte					
	Berge		Berlin-Dahlem		Thyrow	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
C _{org} (%)	0,9	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5
P _{DL} (mg 100 g ⁻¹)	18,4	11,3	18,2	17,6	9,5	12,0
K _{DL} (mg 100 g ⁻¹)	11,8	20,2	15,3	15,6	10,4	12,8
pH-Wert	6,0	5,5	6,3	5,9	5,0	6,0
Witterung						
Niederschlag (mm)	577	461	533	535	495	468
Beregnung (mm)	-	10	-	-	102	100

Im Feldversuch (zweifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen) wurden drei Sorten mit drei N-Düngestufen geprüft. Auf dem Standort Berlin-Dahlem wurden die Prüfmerkmale Blattflächenindex (LAI 2000) und Blattgrün (Yara N-Tester[®]) (beides wöchentlich jeweils von Juni bis September) bestimmt sowie für alle drei Standorte Ertrag und technische Qualität (Labor Fa. Syngenta Seeds, Bad Salzuffen). Zur statistischen Datenauswertung wurde das Softwarepaket SAS[®] Version 9.2 genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Rübenenerträge waren in beiden Jahren primär von den standörtlichen Gegebenheiten geprägt, was sich in der unterschiedlichen Wirkung der N-Düngung zeigte. Während im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle mit 80 kg ha⁻¹ N grundsätzlich ertragssteigernde Effekte erzielt wurden, konnte mit 120 kg ha⁻¹ N ein weiterer Mehrertrag nur auf dem leichten Standort Thyrow festgestellt werden (Tab. 2).

Die Parameter der technischen Qualität wurden durch die Faktoren Sorte und N-Düngung beeinflusst. Die Sorte *Ruveta* (Z-Typ) zeichnete sich im Mittel der Sorten konstant durch die höchsten Zuckergehalte aus, ein Resultat des vergleichsweise geringeren Rübenenertrages. Die Sorte *Klarina* wies die geringsten Natriumgehalte auf. Der Bereinigte Zuckerertrag wurde durch die N-Düngung mit 80 kg ha⁻¹ N gesteigert. Nach Ergebnissen von Basigkow und Ellmer (2004) wurden auf dem leichten Standort Thyrow bereits mit 40 kg ha⁻¹ N signifikante Mehrerträge erwirtschaftet. Darüber hinaus unterschieden sich die Sorten auf dem Standort Berlin-Dahlem in der Blattgrünausprägung, wobei *Ruveta* und *Sporta* insbesondere gegen Ende der Vegetationszeit höhere Werte erreichten als *Klarina* (Abb. 1).

Tab. 2: Einfluss von Sorte und N-Düngung auf Rübenenertrag (RE), Zuckergehalt (ZG), Standardmelasseverlust (SMV) und Bereinigten Zuckerertrag (BZE); Relativwerte im Vergleich zur Kontrolle (= 100 %)

Standorte	Sorten	N-Düngung (kg ha ⁻¹)	RE		ZG (%)		SMV		BZE	
			2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Berge	Ruveta	80	109	92	99	95	114	121	107	85
		120	104	98	97	95	124	136	99	89
	Sporta	80	106	98	99	96	113	117	103	92
		120	108	98	97	92	124	124	102	86
	Klarina	80	109	100	98	98	109	129	106	93
		120	112	100	95	96	123	136	103	91
Berlin-Dahlem	Ruveta	80	111	118	98	97	103	109	108	113
		120	112	126	97	95	108	124	108	117
	Sporta	80	115	122	96	97	104	99	109	119
		120	119	112	96	94	103	108	113	104
	Klarina	80	105	118	99	98	109	104	104	114
		120	98	121	98	95	112	117	95	112
Thyrow	Ruveta	80	111	166	98	101	101	96	109	168
		120	117	162	98	99	106	101	114	160
	Sporta	80	116	144	99	102	103	101	114	147
		120	123	137	97	101	110	102	118	138
	Klarina	80	113	155	99	100	101	99	111	155
		120	118	132	97	97	107	104	114	127

Blattgrüneinheiten

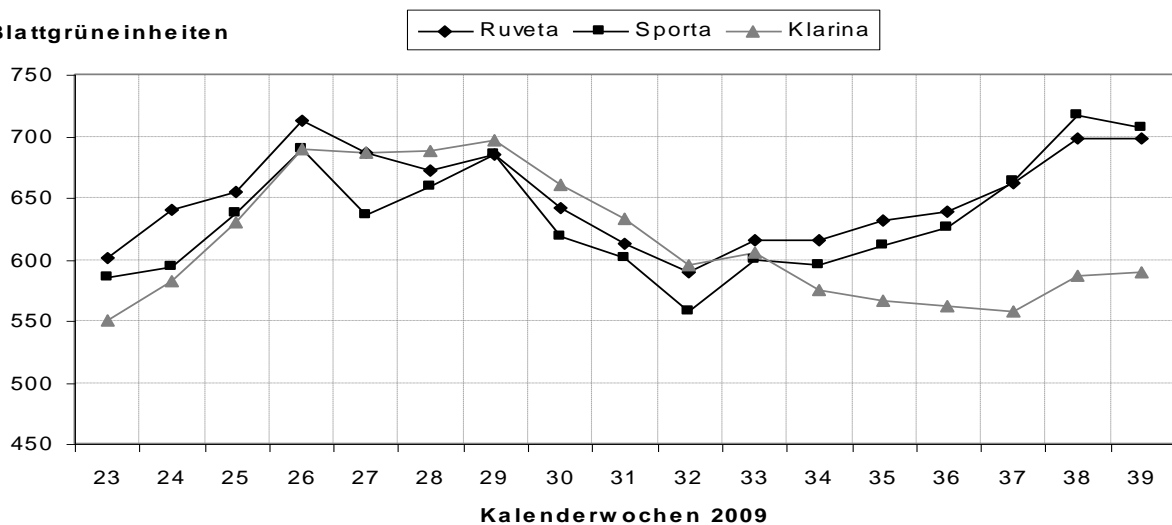


Abb. 1: Entwicklung der Blattgrünausprägung der Zuckerrüben am Standort Berlin-Dahlem in Abhängigkeit von der Sorte; (N-Stufe = 80 kg ha⁻¹)
Insgesamt zeigte sich in beiden Versuchsjahren, dass die N-Düngung den Ertrag und die technische Qualität von Zuckerrüben auf sandigen Standorten maßgeblich beeinflusst, was die Ergebnisse von Rother (1998) bestätigt.

Literatur

- Basigkow D., F. Ellmer 2004: Optimale N-Versorgung von Zuckerrüben auf verschiedenen Standorten Norddeutschlands. Mittl. Ges. Pflanzenbauwiss. 16: 10-102.
Rother B. 1998: Die technische Qualität der Zuckerrübe unter dem Einfluss verschiedener Anbaufaktoren. Diss., Göttingen: Cuvillier, 1998: 45-92.

Erfolgsfaktoren der Energieeffizienz im Zuckerrübenanbau

Heinrich Reineke, Nicol Stockfisch und Bernward Märländer

Einleitung

In der Pflanzenproduktion trägt der Einsatz fossiler Energieträger zu deren Verknappung und zur Emission klimawirksamer Gase bei. Pflanzenbauliche Produktionsverfahren sind daher möglichst energieeffizient zu gestalten. Energiebilanzen für den Zuckerrübenanbau beschränken sich bisher auf Versuche und Szenariorechnungen. In der Praxis führen große Unterschiede bei Rahmenbedingungen, Anbaugestaltung und Ertragsleistungen jedoch auch zu unterschiedlichen Ergebnissen im Energieaufwand, im Energieertrag und in der Energieeffizienz. Ziel der Untersuchung ist es daher, Energiebilanzen für den Zuckerrübenanbau in der Praxis zu berechnen. Für eine zielgerichtete Optimierung der Energieeffizienz sind Erfolgsfaktoren der Energieeffizienz und energieeffiziente Anbaustrategien zu identifizieren.

Material und Methoden

Im Projekt „Umweltwirkungen des Zuckerrübenanbaus“ wurden bundesweit 109 Betriebe zur Gestaltung des Zuckerrübenanbaus 2004 befragt (Stockfisch et al. 2008). Neben den betrieblichen Rahmenbedingungen wurden für den Zuckerrübenanbau auf 285 Schlägen alle Anbaumaßnahmen nach Ernte der Vorfrucht sowie Rübenanbau und -qualität erfasst.

Aus den Erhebungsdaten wurden Energiebilanzen für einzelne Schläge berechnet. Der kalkulierte Energieaufwand umfasste die Primärenergie für die Bereitstellung von Betriebsmitteln und Maschinen. Die Berechnung erfolgte mit in der Literatur üblichen stofflichen Ansätzen und Energieäquivalenten. Der Energieertrag bezog sich auf den Trockenmasseertrag, der aus Rübenanbau und Trockenmassegehalt (geschätzt über den Zuckergehalt) berechnet wurde. Zur Auswertung der Energiebilanz dienten der Energiegewinn (Differenz von Energieertrag und Energieaufwand) und das Output-Input-Verhältnis (Quotient von Energieertrag und Energieaufwand).

Erfolgsfaktoren für die Energieeffizienz wurden mit multivariaten Analysemethoden untersucht: Mit einer Faktorenanalyse wurden Einflussfaktoren für die Variation von Kennzahlen der Energiebilanz ermittelt. Faktoren mit Einfluss auf den Energiegewinn und das Output-Input-Verhältnis wurden dabei als Erfolgsfaktoren charakterisiert. Im Weiteren dienten eine Cluster- und eine Diskriminanzanalyse dazu, Schläge mit ähnlicher Faktorenausprägung in gemeinsame Cluster zu gruppieren und hinsichtlich Anbaubedingungen und Anbaugestaltung zu analysieren.

Ergebnisse und Diskussion

Der mittlere Energieaufwand von $17,3 \text{ GJ ha}^{-1}$ (Abb. 1) war niedriger und der mittlere Energieertrag von $261,7 \text{ GJ ha}^{-1}$ war höher als in früheren Untersuchungen zum Zuckerrübenanbau. Die Unterschiede resultierten dabei aus einer optimierten Intensität von Bodenbearbeitung und Düngung bzw. aus Ertragssteigerungen in der Praxis. In der Folge ergab sich mit $244,6 \text{ GJ ha}^{-1}$ ein höherer Energiegewinn und mit 15,4 ein höheres Output-Input-Verhältnis als in anderen Studien.

Die Kennzahlen der Energiebilanz wiesen für die Schläge eine große Variation auf (Abb. 1). Ursache für die Variation waren Unterschiede in den Anbaubedingungen und der Anbaugestaltung. Als wesentliche Einflussfaktoren wurden in der Faktorenanalyse die Anbauregion und das Management des Landwirts identifiziert

sowie die Intensität von Beregnung, Zwischenfruchtanbau, Bodenbearbeitung und N-Düngung. Das Management des Landwirts stand für den Teil der Anbaugestaltung, der nicht durch die Intensität von Anbaumaßnahmen beschrieben wurde. Es umfasste schwer quantifizierbare Faktoren wie die Terminierung von Anbaumaßnahmen (z. B. Aussaat), die Berücksichtigung von Boden und Witterung, die Maschineneinstellung, die Gestaltung des Pflanzenschutzes usw.

Für den Energiegewinn ist das Management des Landwirts, für das Output-Input-Verhältnis sind das Management und die Anbauintensität als wesentliche Erfolgsfaktoren anzusehen. Ein optimales Management führt somit zu einem hohen Energiegewinn. Für eine hohe Energieeffizienz ist zusätzlich die Intensität der Anbaumaßnahmen möglichst zu reduzieren. Cluster- und Diskriminanzanalyse zeigten, dass ein hoher Energiegewinn und ein hohes Output-Input-Verhältnis bei günstigen Anbaubedingungen und optimaler Anbaugestaltung realisiert wurden. Ein hohes Output-Input-Verhältnis war auch unter ungünstigen Anbaubedingungen (z. B. Trockenheit) möglich, wenn die Intensität des Anbaus reduziert war.

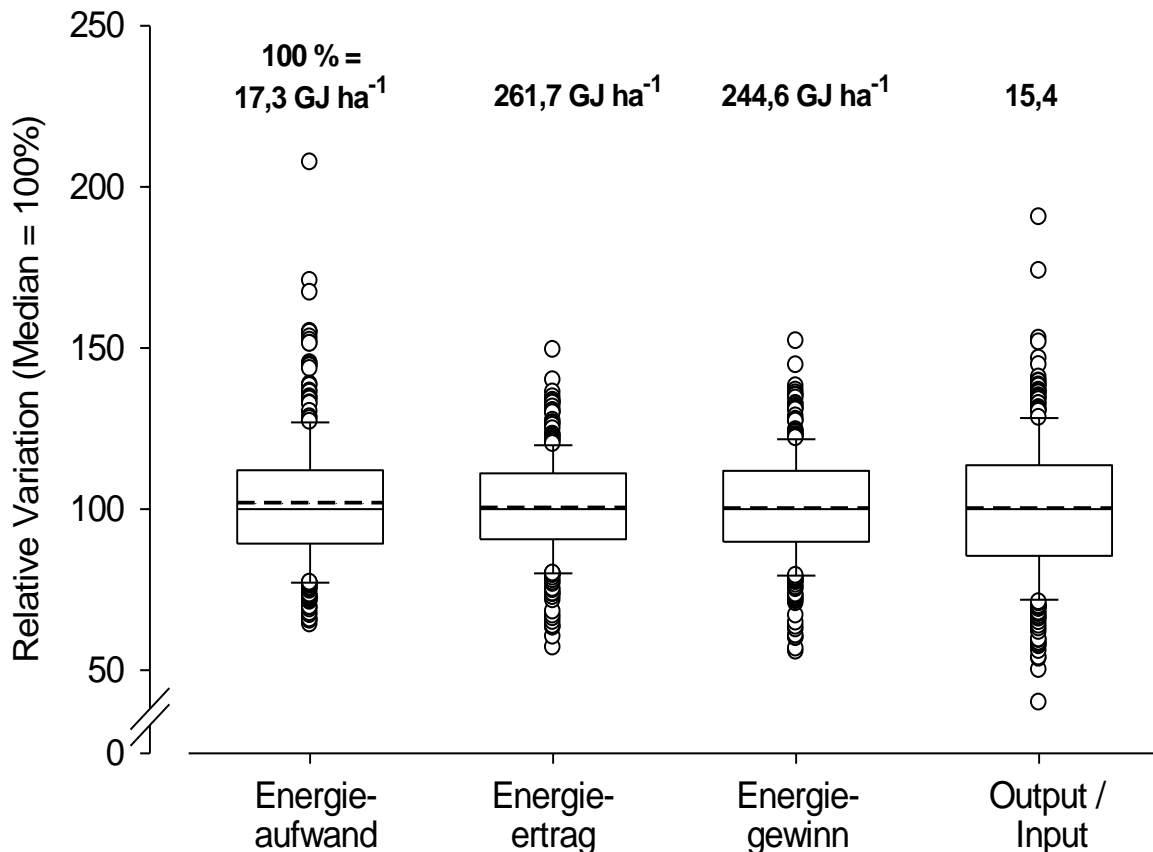


Abb. 1: Relative Variation von Energieaufwand, -ertrag, -gewinn und Output-Input-Verhältnis (Median=100 %) im Zuckerrübenanbau (n=285 Schläge), 2004

Literatur

Stockfisch N., P. Deumelandt, J. Fuchs, H. Reineke, J.U. Starcke, B. Märländer 2008: Verbundprojekt Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau: Aufgaben und Ziele. Zuckerindustrie 133: 573-579.

“Lysi-T-FACE” – ein technisches Versuchskonzept zur Simulation der Erderwärmung im Grünland

Markus Herndl, Erich M. Pötsch, Jeffrey W. White*, Bruce Kimball*, Hans Peter Piepho**, Matthias Kandolf, Andreas Bohner, Andreas Schaumberger, Reinhard Resch, Wilhelm Graiss, Bernhard Krautzer und Karl Buchgraber

Einleitung und Problemstellung

Der Alpenraum hat im letzten Jahrhundert eine überdurchschnittliche Erwärmung erfahren und gilt im Allgemeinen als besonders sensitiv für klimatische Änderungen (Casty et al. 2005). In Österreich hat vor allem das Jahr 2003 gezeigt, dass Grünland sehr sensitiv auf Temperatur- und Niederschlagsänderungen reagiert, was in einigen Gebieten zu schweren Schäden und zeitweiligem Futtermangel führte, in anderen Regionen hingegen Höchstserträge zur Folge hatte.

Die Effekte von erhöhter Temperatur und Zunahme des CO₂-Gehaltes der Luft auf Pflanzen und Pflanzengesellschaften ist in zahlreichen Studien über Dekaden hinweg in Klimakammern bzw. Gewächshäusern studiert worden (z. B. Drake et al. 1985). Diese Experimente haben beachtliches Wissen über die Effekte von Klimawandelfaktoren auf das Pflanzenwachstum erzeugt, jedoch weisen geschlossene Systeme wie z. B. Klimakammern beträchtliche Nachteile auf, weil etwa die Luftzirkulation oder die Beschattung gegenüber Freilandbedingungen verändert werden (z. B. Kimball et al. 1997). Darüber hinaus ist das räumliche Ausmaß von Klimakammern generell nicht groß genug, um interaktive Effekte zwischen Pflanzen und realistischen Pflanzenbewuchsbedingungen unter ökosystemischen Prozessen zu gewährleisten. (z. B. McLeod und Long 1999). Um das Vertrauen über die Wirkungen der Effekte von gesteigertem CO₂-Gehalt der Luft bzw. erhöhter Temperatur auf das Pflanzenwachstum zu verbessern, sind Experimente unter Freilandbedingungen vonnöten.

Versuchskonzept

Der erfolgversprechendste Ansatz, um Faktoren der Erderwärmung in Feldversuchen simulieren zu können, ist die Erwärmung der Vegetation mit Infrarotheizung in Kombination mit einer CO₂-Begasungsanlage – T-FACE (Parton et al. 2007). Zur Beschreibung und Untersuchung von Wasser- bzw. Nährstoffkreisläufen im Boden haben sich Lysimeter als geeignete Messtechnik erwiesen. Die Innovation des Versuchskonzeptes Lysi-T-FACE ist es, diese technischen Methoden und Ansätze zu verbinden, um das System Atmosphäre-Pflanze-Boden unter den zukünftig zu erwartenden Klimabedingungen besser erforschen zu können. Das technische Versuchskonzept soll in einer ersten Phase im Jahr 2010 am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, entwickelt werden. In der zweiten Phase (2011-2017) sollen umfassende Feldversuche zu Fragestellungen hinsichtlich der Auswirkungen von Erderwärmung auf Grünland durchgeführt werden.

Lysi-T-FACE

Im technischen Versuchskonzept Lysi-T-FACE wird der Pflanzenbestand einer Faktorkombination von zwei gesteigerten CO₂-Konzentrationen und zwei erhöhten Temperaturstufen ausgesetzt. Die Begasung erfolgt über einen miniFACE-Ring,

Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning, Österreich

* U.S. Arid Land Agricultural Research Center, USDA-ARS, Maricopa, AZ 85239, USA

** Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, Deutschland

wobei die erhöhte CO_2 -Konzentration auf Basis von Sensormessungen im Zentrum des Ringes gesteuert wird. Die Temperaturerhöhung wird über Infrarotstrahler, welche in einem Hexagon über dem Bestand angeordnet sind, erreicht. Als Referenzfläche wird eine unbeheizte und unbegaste Parzelle herangezogen (Abb.1).

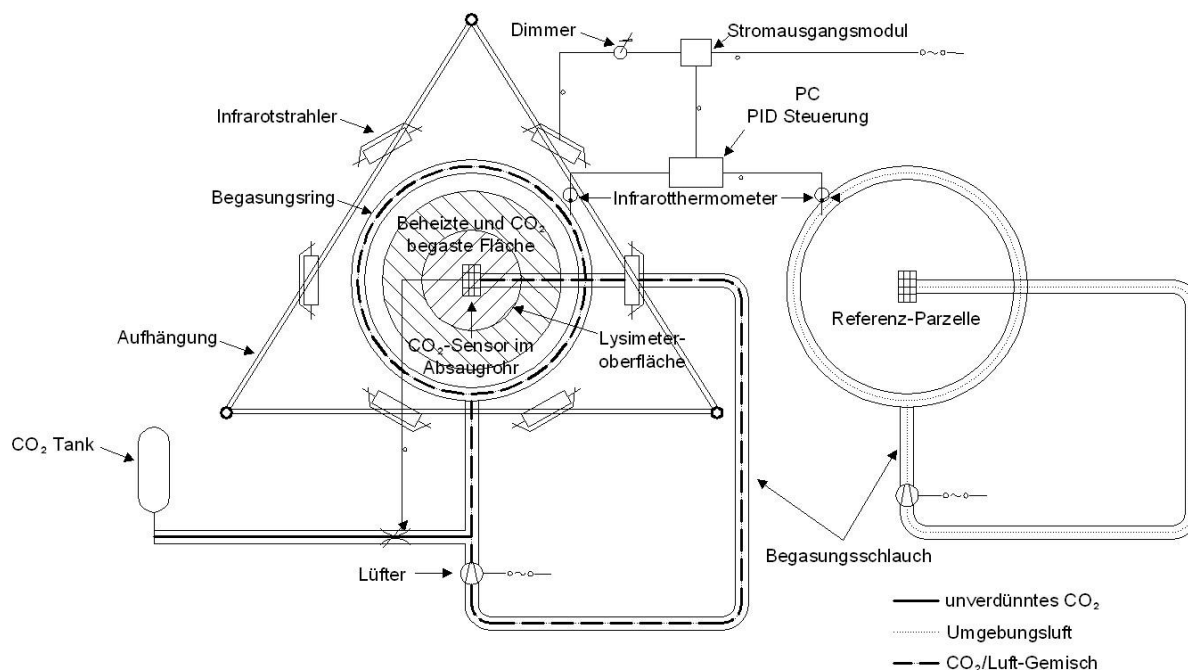


Abb. 1: Schematische Darstellung der Infrarotbeheizungs- und der CO_2 -Begasungsanlage des technischen Versuchskonzeptes Lysi-T-FACE

Im Feldversuch werden die Hauptfaktoren in einem 3x3 Faktordesign auf 24 Grünlandparzellen aufgeteilt, wobei bei 6 Parzellen zusätzlich Lysimeter installiert sind. Dieser neue Ansatz soll als Basis für zukünftige Projekte dienen, die in interdisziplinärer Zusammenarbeit Aspekte des Klimawandels im System Boden-Pflanze-Atmosphäre beleuchtet werden. Nicht zuletzt sollen die erzielten Resultate dazu dienen, Anpassungsstrategien für die Grünlandbewirtschaftung unter zukünftigen Klimabedingungen zu entwickeln.

Literatur

- Casty C., H. Wanner, J. Luterbacher, J. Esper, R. Boehm 2005: Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. *International Journal of Climatology* 25: 1855-1880.
- Drake B. G., H.H. Rogers Jr., L.H. Allen 1985: Methods of exposing plants to elevated carbon dioxide. In: Strain B.R., J.D. Cure (eds.): *Direct Effects of Increasing Carbon Dioxide on Vegetation*, DOE/ER-0238, p. 11–31. United States Department of Energy, Washington DC, USA.
- Kimball B.A., J. Pinter, G.W. Wall, R.L. Garcia, R.L. Lamorte, P.M.C. Jak, K.F.A. Frumau, H.F. Vugts 1997: Comparisons of responses of vegetation to elevated carbon dioxide in free-air and open-top chamber facilities. p. 113–130. In: Allen L.H. Jr., M.B. Kirkham et al. (eds.): *Advances in carbon dioxide effects research*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, ASA Spec. Publ. 61.
- McLeod A.R., S.P. Long 1999: Free-air carbon dioxide enrichment (FACE) in global change research: a review. *Advances in Ecological Research* 28: 1-56.
- Parton W.J., J.A. Morgan, W. Guiming, S.J. Del Grosso 2007: Projected Ecosystem Impact of the Prairie Heating and CO₂ Enrichment Experiment. *New Phytologist* 174: 823-834.

Einfluss der Düngung mit Gärprodukten aus der Biogaserzeugung auf Wachstum, Entwicklung und Ertrag von *Sorghum bicolor* var. *sudanense*

G. Bermejo, M. Theiß und F. Ellmer

Einleitung

Sorghum sudanense eignet sich aufgrund seines hohen Biomassepotenzials bei guter Trockenheitstoleranz und relativ geringer Ansprüche an Bodengüte und Nährstoffversorgung als Substrat für die Biogaserzeugung (Roller et al. 2009). In den letzten Jahren ist die Menge an Gärprodukten aus der Biogasproduktion stark gestiegen. Dadurch hat auch die Nutzung der Gärprodukte als alternativer Dünger zugenommen.

In dieser Studie wurde der Einfluss von festen und flüssigen Gärprodukten auf das Wachstum, die Entwicklung und den Ertrag von *Sorghum bicolor* var. *sudanense* im Vergleich zu organischen und anorganischen konventionellen Düngern untersucht.

Material und Methoden

Der Einfluss von festen und flüssigen Gärprodukten im Vergleich zu konventionellen Düngern wie Mineraldünger (Kalkammonsalpeter), Gülle und Stallmist wurde in einer einfaktoriellen Blockanlage in einem Feldversuch mit vierfacher Wiederholung untersucht. Am Versuchsstandort Berlin-Dahlem ist der Boden eine Braunerde-Fahlerde, in der sich bis 60 cm ein schwach lehmiger Sand findet.

In jeder Variante wurden einheitlich 120 kg ha⁻¹ Gesamt-N ausgebracht. Die auszubringende Menge der organischen und mineralischen Düngemittel wurde durch deren jeweiligen Stickstoffgehalt bestimmt. Als Referenz diente eine unbehandelte Kontrolle.

Das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen wurden durch wöchentliche Messung der Bestandshöhe und des Blattflächenindex quantifiziert. Abschließend wurde der Ertrag bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandshöhe war nach Mineralstickstoffdüngung bis zur 36. Kalenderwoche (KW) höher als in den organisch gedüngten Prüfgliedern. Dabei betrug die Differenz zur ungedüngten Kontrolle stets 30 bis 40 cm. Die Wirkung von Gärprodukten und Gülle war zweitrangig. Ab der 34. KW schloss die Stallmistvariante zu den anderen organischen Düngern auf (Abb. 1).

Beim Blattflächenindex war die Mineralstickstoffvariante in allen Untersuchungswochen überlegen. Die Unterschiede im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle sind signifikant. Wie bei der Bestandshöhe wirkten Gärprodukte und Gülle etwa gleich. Die Stallmistvariante holte zum Vegetationsende ebenfalls auf, ohne das Ergebnis der Mineral-N-Düngung zu erreichen (Tab. 1).

Die Mineralstickstoffvariante erbrachte mit 162 dt ha⁻¹ TM die höchsten Erträge, gefolgt von Gülle, festen Gärprodukten, flüssigen Gärprodukten sowie Stallmist.

Die Ertragsunterschiede zwischen der Mineralstickstoffdüngung und der Kontrolle sowie der Stallmistvariante waren signifikant. Die Gärprodukte nahmen in diesem Vergleich eine Zwischenstellung ein.

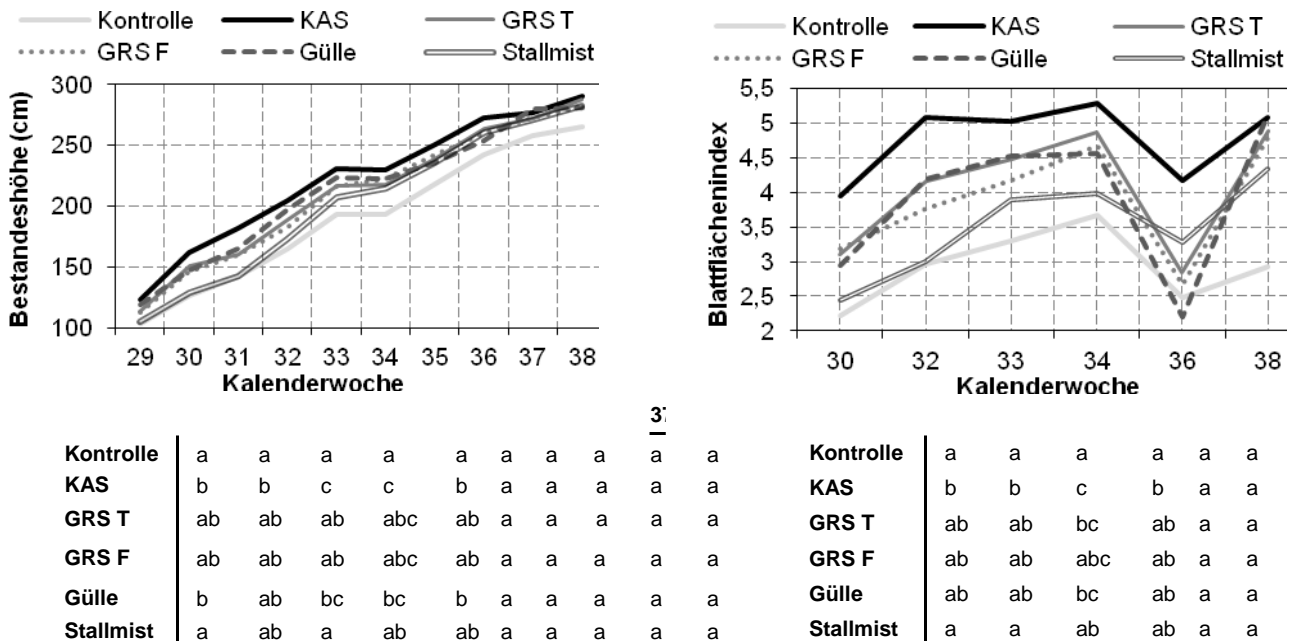


Abb. 1: Bestandshöhe (cm) und Blattflächenindex von *Sorghum sudanense* von der KW 29 (65 Tage nach Aussaat) bis KW 38 (Ernte). GRST: flüssige Gärprodukte, GRSF: feste Gärprodukte, KAS: Mineraldünger. Mittelwerte und Tukey Test α : 0,05%. Die Mittelwerte aus der gleichen homogenen Gruppe werden durch gleiche Buchstaben markiert.

Tab. 1: TM-Ertrag (dt ha^{-1}) von *Sorghum sudanense* in Abhängigkeit von der Düngerart. Mittelwerte und Tukey Test α : 0,05%. Die Mittelwerte aus der gleichen homogenen Gruppe werden durch gleiche Buchstaben markiert.

Kontrolle	Mineral-N (KAS)	Gärprodukt flüssig	Gärprodukt fest	Gülle	Stallmist
112,9 ^a	162,3 ^b	124,5 ^{ab}	131,2 ^{ab}	144,8 ^{ab}	119,3 ^a

Bestandshöhe, Blattflächenindex und Trockenmasseertrag wurde durch die Mineraldüngung am stärksten gefördert. Grund hierfür war vermutlich die raschere Verfügbarkeit von Stickstoff. Die Ursache für die signifikant unterschiedlichen Ergebnisse bei Stallmist und Mineraldünger ist das weitere C/N-Verhältnis von Stallmist. Dadurch wird der Stallmist-Stickstoff langsamer mineralisiert und steht den wachsenden Pflanzen später zur Verfügung. Wie Stickstoff wird auch Phosphor (P) im Gärprozess aus organischen Verbindungen (Phytin) mineralisiert. Es war zu erwarten, dass die unmittelbare Verfügbarkeit aus Gärresten im Vergleich zu Gülle höher ist (Ebertseder 2007). Im Gegensatz dazu waren aber die Ergebnisse für Gülle günstiger zu beurteilen. Allerdings sind die Unterschiede nicht signifikant.

Literatur

- Roller A, M. Fritz, K. Deiglmayr 2009: Sorghumhirsen für die Verwendung in Biogasanlagen. Biogas Forum Bayer.
- Ebertseder Th. 2007: Humusbildung und Nährstoffbetrachtungen von Bioabfallkompost und Gärückständen im Vergleich. In: Wiemer K., M. Kern (Hrsg.): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung vor dem Hintergrund von TA Luft und EEG. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie, Witzenhausen, p. 219-234.

Streifenlockerung bei Zuckerrüben – ein innovatives Anbauverfahren

Wilfried Hermann* und Wilhelm Claupein**

Einleitung

Bei der Streifenlockerung (Strip-Till) wird mit Hilfe von hochgenauen automatischen Lenksystemen (RTK-GPS) nur der Streifen gelockert, in den später die Zuckerrüben gesät werden. Der Boden zwischen den Reihen verbleibt unbearbeitet. Zur Aussaat mit dem Einzelkornsäuger wird wiederum das automatische Lenksystem verwendet, um mit Hilfe der im Herbst aufgezeichneten so genannten A-B-Linie die gelockerten Streifen exakt wiederzufinden. Die Streifenlockerung verbindet so die Vorteile der konventionellen Bodenbearbeitung (Ertragssicherheit) mit denen der Direktsaat (Erosionsschutz).

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48°74' N, 8°93' E, 500 m NN, Temperatur 9,2°C (Mittelwert der letzten 10 Jahre), Niederschlag 689 mm, schluffiger Ton) wurde die Streifenlockerung (ST) bei Zuckerrüben in den Jahren 2007-2009 auf vergleichbaren Praxis schlägen und 2008-2009 in Exaktversuchen im Vergleich zu Mulchsaat in Senfzwischenfrucht (MS) getestet. Bei Streifenlockerung wurde nach Vorfrucht Triticale mit Strohdüngung keine Stoppelbearbeitung durchgeführt, Ausfallgetreide und Unkräuter wurden vor der Lockerung und vor der Aussaat mit Glyphosat kontrolliert. Die Streifenlockerung wurde im Zeitraum Ende September bis Mitte Oktober mit einem 6-reihigen Streifenlockerer (Horsch Focus Prototyp oder Yetter Maverick) mit einer Reihenweite von 50 cm und in einer Tiefe von 18-20 cm durchgeführt (Abb. 1).



Abb. 2: Streifenlockerer Horsch Focus Prototyp (links) und Yetter Maverick mit Räumsternen (rechts).

Gezogen wurde das Gerät von einem 160 PS-Schlepper, der mit einem automatischen Lenksystem mit einer Genauigkeit von $\pm 2,5$ cm ausgerüstet war. Die im Herbst zur Lockerung verwendeten Fahrspuren wurden auch zur Aussaat verwendet, um die gelockerten Streifen bei der Einzelkornsaat im Frühjahr wieder exakt zu treffen.

In den Mulchsaatvarianten wurde nach einer flachen Stoppelbearbeitung eine Senfzwischenfrucht etabliert. Die Lockerung auf 18-20 cm Tiefe wurde mit einem Flügel-

* Universität Hohenheim, Versuchsstation Ihinger Hof, 71272 Renningen

** Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, 70593 Stuttgart

schargrubber je nach Witterung vor der Senfaussaat bzw. bei Frost durchgeführt. Vor der Zuckerrübenaussaat mit einem mulchsaatfähigen Rübensäugerät wurden aufgelaufene Unkräuter mit Glyphosat kontrolliert und das Saatbett mit der Kreiselegge bzw. einer Gareegge flach bereitet.

Die Temperaturen in Saattiefe wurden vor der Aussaat von einem Temperaturlogger aufgezeichnet. Die Unkrautbekämpfung wurde im frühen Nachauflauf mit variantenangepasster Strategie durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im dreijährigen Mittel wurden auf vergleichbaren Praxisschlägen bei Streifenlockerung trotz geringerer Bestandesdichten rund 12 % höhere Rübenerträge (RE) erzielt. Der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) war bei Streifenlockerung rund 7 % höher (Tab. 1).

Tab. 1: Bestandesdichte, Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung in den Jahren 2007-2009.

Jahr	Anbauverfahren	Bestandesdichte Pfl. m ⁻²	Rübenertrag t ha ⁻¹	SMV* %	Zucker- gehalt %	BZE** t ha ⁻¹
Praxisvergleich 2007 - 2009	Mulchsaat	8,9	66,5	1,4	18,4	12,3
	Strip-Till	7,8	74,3	1,4	17,8	13,2
Exaktversuch 2008	Mulchsaat	8,6 a	74,3 a	1,6 a	18,5 a	12,7 a
	Strip-Till	7,5 a	73,8 a	1,6 a	18,5 a	12,9 a
2009	Mulchsaat	8,6 a	86,8 a	1,8 a	17,2 a	13,1 a
	Strip-Till	7,6 b	83,6 a	1,7 a	17,6 a	12,7 a

* Standardmelasseverlust ** Bereinigter Zuckerertrag

In den zweijährigen Exaktversuchen wurden keine signifikanten Unterschiede im RE und im BZE festgestellt, wobei im Jahr 2009 die Bodenbearbeitung die Bestandesdichte signifikant beeinflusste. Die Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von Overstreet et al., 2008, die in amerikanischen Untersuchungen zwischen konventioneller Bodenbearbeitung (Mulchsaat) und Streifenlockerung zu Zuckerrüben keine Ertrags- oder Qualitätsunterschiede feststellen konnten.

Aufgrund der Räumung der Strohreste aus den späteren Saatzeilen war die Temperatur in Saattiefe in den gelockerten Streifen vor der Aussaat im Zeitraum 30.3.09-03.04.09 tagsüber höher als bei Mulchsaat. Ebenso wurden im Vergleich zu Mulchsaat aufgrund der gesteigerten Wasserinfiltration bei Starkniederschlägen eine verbesserte Wasserinfiltration und ein deutlich verbesserter Erosionsschutz beobachtet. Weitere Informationen: www.strip-till.de

Literatur

Overstreet L.F., Franzen D., Cattanach N.R. 2008: Strip-tillage in sugarbeet rotations. In: 2008 Sugarbeet Research and Extension Reports. Vol. 39. Sugarbeet Res. and Ed. Bd. of MN and ND. Online verfügbar: <http://www.sbreb.org/research/prod/prod08/StripTillReport.pdf> Stand 30.06.2010.

Einfluss der Bodenbearbeitung und einer Untersaat mit Erdklee auf die Ertragsbildung der Erbse

Jette Stieber und Knut Schmidtke

Einleitung

Im ökologischen Landbau sollen Lebens- und Futtermittel möglichst schonend für die Umwelt erzeugt werden. Allerdings besteht im ökologischen Ackerbau eine erhöhte Gefahr der Bodenerosion, da hier regelmäßig der Pflug zur Bodenbearbeitung eingesetzt wird, um Unkräuter wirksam zu regulieren (Schaller et al. 2006). Der im Folgenden beschriebene Feldversuch beschäftigt sich mit dem Anbau von Körnererbse in Mulch- und Direktsaat, um Bodenerosion und energetischen Aufwand zur Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau zu senken. Hierbei wird die Wirkung einer reduzierten Bodenbearbeitung und einer Untersaat auf Ertragsbildung und symbiotische N₂-Fixierung beim Anbau von Körnererbse im ökologischen Landbau geprüft.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in einer 2-faktoriellen Spaltanlage (Tab. 1) mit 24 Parzellen am Standort Pinkowitz (am Rande der Lommatzscher Pflege gelegen, Parabraunerde aus Löss) nach einer Zwischenfrucht aus Hafer und Sonnenblume im Jahr 2009 und 2010 angelegt. Die Einsaat der Körnererbse (cv. Santana, 90 keimfähige Körner m⁻²) erfolgte mittels einer Parzellendrillmaschine mit Schleppscharen (Hege 80) nach einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber oder in Direktsaat (Cross slot). Eine Untersaat mit Erdklee (cv. Dalkeith, 2000 keimfähige Körner m⁻²) wurde eine Woche nach der Einsaat der Körnererbse in die Hälfte der Parzellen eingebracht. Im Verlauf des Wachstums der Kulturpflanzen wurde an 2 Terminen die Trockenmasse der Erbse, des Unkrautes und des Erdklee auf 3 m² erfasst. Zur Druschreife erfolgten ein Kernparzellendrusch und die Beerntung einer Teilfläche zur Erfassung der Ertragsstruktur. Zeitnah zur Entnahme von Pflanzenproben wurden Bodenproben entnommen, um die Höhe des Nmin-Vorrates im Boden zu erfassen.

Tab. 1: Faktoren und Faktorstufen des Feldversuches

Faktor	Faktorstufen
Bodenbearbeitung	Pflug, 25 cm tief, anschließend Kreiselegge
	Flügelschargrubber, 15 cm tief, anschließend Kreiselegge
	Direktsaat, keine Bodenbearbeitung
Untersaat	keine Untersaat mit Erdklee
	Untersaat mit Erdklee

Ergebnisse und Diskussion

Die Körnererbsen liefen nach der Einsaat im April zügig auf. Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Stufen der Bodenbearbeitung festgestellt werden, jedoch nicht beim Einsatz der Untersaat. Es wurden deutliche Unterschiede im Auflaufen der Erbse zwischen den beiden Versuchsjahren bestimmt (Tab. 2).

Tab. 2: Anzahl Erbsenpflanzen je m² in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung in den Versuchsjahren 2009 und 2010

	Pflug	Grubber	Direktsaat
2009	93,2 A	85,2 B	56,3 C
2010	66,5 A	62,5 AB	52,9 B

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres; Tukey-Test $\alpha=0,05$

Die Unterschiede im Feldaufgang in beiden Jahren spiegeln sich auch in den Trockenmasseerträgen der Zwischenernten wider. So wurde bei der Erbse in Direktsaat im Vergleich zum Pflug bei der 2. Ernte in 2009 46 % weniger Spross-TM geerntet, 2010 nur 28 % weniger (Tab. 3). Zur Druschreife der Erbse konnte ebenfalls eine Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Korn- und Stroherträge festgestellt werden. Bei der Erbse in Direktsaat wurde mit 24,8 dt ha⁻¹ ein signifikant geringerer Kornertrag gebildet als nach Pflug mit 33,5 dt ha⁻¹, allerdings nicht signifikant niedriger als nach Grubber mit 28,5 dt ha⁻¹. Die geringeren Trockenmasseerträge wirkten sich nicht negativ auf die N₂-Fixierleistung der Erbse aus. Die Körnererbse in Direktsaat glich die niedrigeren Erträge durch einen erhöhten N-Gehalt im Spross aus, sodass in allen Stufen der Bodenbearbeitung nahezu gleiche Mengen an Stickstoff symbiotisch fixiert wurden.

Tab. 3: Sprosstrockenmasse der Erbse zur 2. Zwischenernte (Mitte Juni) in 2009 und 2010 in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und der Untersaat (US)

	Pflug	Grubber	Direktsaat	ohne US	mit US
2009	27,6 A	22,9 A	14,9 B	23,9 A	19,7 A
2010	39,3 A	38,1 A	28,2 B	34,9 A	35,5 A

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres; Tukey-Test $\alpha=0,05$; Wechselwirkung Bodenbearbeitung x Untersaat: n.s.

Zur Erntereife wurden im Jahr 2009 ebenfalls Daten zur Ertragsstruktur der Erbse erfasst. Hierbei wurde deutlich, dass die Erbse auf die Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber mit einer Erhöhung der Anzahl Hülsen je Pflanze und Körner je Hülse sowie mit einem erhöhten Tausendkorngewicht reagierte. Der geringere Kornertrag der Körnererbse in Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber ist somit wesentlich auf Unterschiede im Feldaufgang zurückzuführen.

Literatur

Schaller B., Nemecek T., Streit B., Zihlmann U. 2006: Vergleichsökobilanz bei Direktsaat und Pflug. Agrarforschung 13: 482-487.

Eignung nichtlegumer Zwischenfrüchte im ökologischen Landbau für den Anbau von Körnerleguminosen in Mulch- und Direktsaat

Knut Schmidtke*, Beate Wunderlich*, Guido Lux* und Martin Hänsel**

Einleitung

Um im ökologischen Landbau Körnerleguminosen in Mulch- oder Direktsaat erfolgreich anbauen zu können, bedarf es eines Zwischenfruchtanbaus vor der Körnerleguminose, durch den das Unkrautwachstum sowohl in der Phase des Anbaus der Zwischenfrucht als auch der Körnerleguminose effizient unterdrückt wird. Hierzu muss durch die Zwischenfrucht möglichst viel Biomasse gebildet sowie pflanzenverfügbarer Stickstoff im Boden aufgenommen und in Spross und Wurzel eingebaut werden. Nach Absterben bzw. Einarbeiten der Zwischenfrucht soll der von der Zwischenfrucht aufgenommene und in der Pflanzenbiomasse organisch gebundene Stickstoff erst verzögert mineralisiert werden, um die symbiotische N₂-Fixierleistung der Körnerleguminose anzuregen und das Wachstum von Unkräutern durch ein knappes N-Angebot im Boden zu begrenzen. Ziel der vorgestellten Feldversuche war es deshalb, im ökologischen Landbau die Eignung von nicht winterharten, nichtlegumen Zwischenfrüchten für einen Anbau vor in Mulch- oder Direktsaat angebauten Körnerleguminosen zu prüfen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden nach Getreidevorfrucht Ende Juli bzw. Anfang August 2008 an drei Standorten in Sachsen (Köllitsch: sandiger Lehm, Ackerzahl (Az.) 60; Pillnitz, lehmiger Sand, Az: 59 und Groß Radisch, schwach lehmiger Sand, Az: 36) mit einer Pflugbearbeitung und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge in Drillsaat angelegt. Geprüft wurden Schwarzhafer (Ha, cv. Auteuil, Saatstärke: 300 keimfähige Samen m⁻², kS), Sommerroggen (Ro, cv. Landsorte aus Österreich, 300 kS), Sonnenblume (So, cv. Methasol, 90 kS), Senf (Se, cv. Signal, 150 kS), Buchweizen (Bu, cv. Spacinska, 200 kS) und Hanf (Hf, cv. Bialobrzeskia, 150 kS) sowie eine Kontrolle ohne Zwischenfruchtbau (Uk). Mit 190 mm (Köllitsch) bis 290 mm (Pillnitz) Niederschlag nach Saat bis Ernte der Zwischenfrucht war eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet. Zur Ernte Ende Oktober 2008 wurden die Sprosstrockenmasse der Unkräuter, der Ertrag an Trockenmasse und Stickstoff in der Blatt- und Fruchtstandmasse sowie Sprossachse der Zwischenfrüchte, das C/N-Verhältnis in der Sprossmasse sowie der Nmin-Vorrat im Boden erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Das Wachstum der Unkräuter wurde an zwei (Köllitsch und Pillnitz) von drei Standorten durch die Zwischenfrüchte effektiv unterdrückt, wobei sich der Hanf im Gegensatz zu Beobachtungen im Hauptfruchtbau durch ein geringeres Unkrautunterdrückungsvermögen im Vergleich zu den anderen Arten auszeichnete (Abb. 1). Die Sonnenblume erreichte mit bis zu 79 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag und einer N-Akkumulation von 132 kg ha⁻¹ auf allen drei Standorten die höchste Leistung.

* Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Landbau/Landespflege, Fachgebiet Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden

**Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

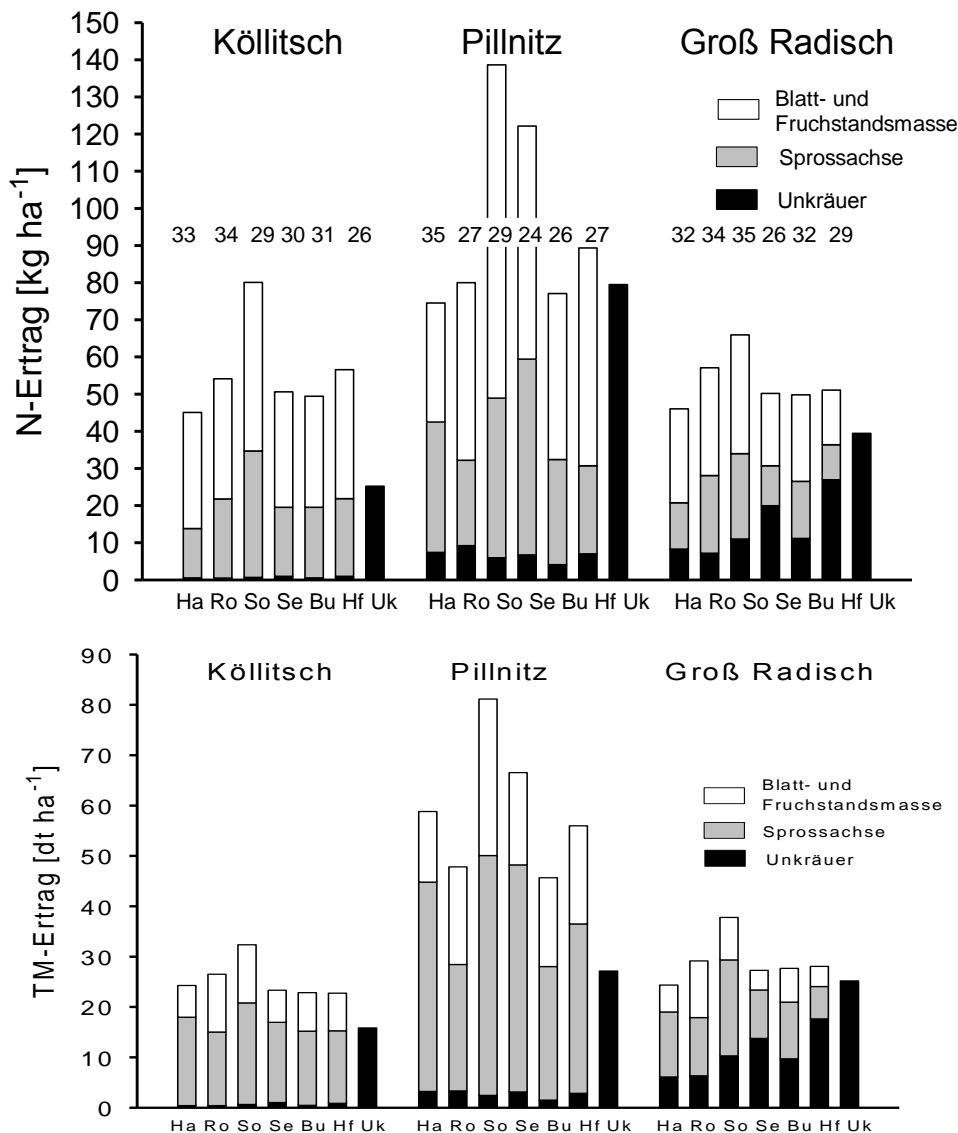


Abb. 1: Ertrag an Trockenmasse (unten) und Stickstoff (oben) im Spross der Zwischenfrüchte und der Unkräuter sowie C/N-Verhältnis im Spross der Zwischenfrüchte (Zahlen in der Grafik oben) an drei Standorten

Allerdings befanden sich bei der Sonnenblume wie auch beim Senf und Buchweizen hohe Anteile des insgesamt aufgenommenen Stickstoffs in der Blatt- und Fruchtstandsmasse, die aufgrund eines engen C/N-Verhältnisses zwischen 12 und 19 auch schnell nach Absterben mineralisiert werden dürften. Schwarzhafer und Sommerroggen zeichneten sich an allen Standorten durch ein gutes Unkrautunterdrückungsvermögen, eine hohe Dichte an Sprossachsen, geringen Blattanteil an der Sprossmasse sowie im Vergleich zu den anderen Arten weites C/N-Verhältnis im Spross aus. Zudem starben die Getreidearten erst nach Frosteinwirkung unter -8°C ab, so dass sie die beste Eignung aufwiesen, um nachfolgend Körnerleguminosen in Mulch- oder Direktsaat anbauen zu können.

Die Untersuchungen wurden vom SMUL in Sachsen finanziell gefördert.

Unkrautregulierung durch Mulchmanagement in Direktsaatverfahren von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) im Ökologischen Landbau

Luiz F.P. Massucati, Ute Perkons und Ulrich Köpke

Einleitung

Gründe zur Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität sind neben der Erhaltung eines oberflächennahen günstigen Bodengefüges zur Erosionsvermeidung die Einsparungen bei Arbeitszeit und Dieserverbrauch (Köpke 2008). Auch im Ökologischen Landbau (ÖL) gibt es Bestrebungen zur Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität (Berner et al. 2008). Festbodenmulchsysteme (FMS), im Extrem Direktsaatverfahren, haben sich bei Nichtleguminosen wegen der verzögerten Stickstofffreisetzung und des erhöhten Unkrautdrucks bislang nur wenig durchsetzen können. Um ein temporäres FMS im ÖL zu etablieren, bieten sich Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) an, die als Körnerleguminosen in der Lage sind, die bei Pflugverzicht verringerte Stickstoffmineralisation zu kompensieren. Zum Zweck der Unkrautregulierung wurde die Direktsaat von Ackerbohnen in Mulch aus Ernteresten der Vorfrucht Hafer geprüft. Es wurde erwartet, dass annuelle Unkräuter hinreichend durch physikalische Effekte der Mulchauflage reguliert werden können.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde nach der Vorfrucht Hafer als zweifaktorielle Blockanlage mit den Versuchsfaktoren Ernterest/Strohmasse (0, 4 und 6 t ha⁻¹ Hafer-Stroh) und Einsaat von Hafer (0, 600, 1200 und 1800 Körner m⁻²) Ausfall durch Hagelschlag simulierend angelegt. Kontrollvariante war die Grundbodenbearbeitung mit dem Wendepflug (Lockerbodensystem, LBS). Aussaat LBS: Einzelkornsaat nach konventioneller Saatbettbereitung; FMS: Einzelkorn-Direktsaat. Die Unkrautabundanz wurde zu vier Terminen (26. Februar, 09. April, 08. Mai und 26. Juni 2009) erfasst. Die Unkrautsprossmasse wurde am 13. Juli (Ackerbohnen BCCH 88) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Im System FMS war mit zunehmender Strohmasse die Unkrautabundanz hypothesengemäss verringert (Abb. 1). Die FMS-Variante ohne Stroh hatte eine signifikant höhere Unkrautdichte als die Varianten mit Strohhapplikation. Die im Vergleich dazu deutlich geringere Unkrautdichte in LBS bestätigt die Unkrautregulation durch den Wendepflug. Die im Vergleich zu den FMS-Varianten mit Stroh höhere Unkrautdichte war nicht signifikant. Im FMS mit Mulch war auch die Unkrautbiomasse verglichen mit FMS ohne Stroh signifikant geringer (Abb. 1). Besonders wirksam erwies sich die Mulchauflage gegen Verschlämmung anzeigende *Matricaria*- Arten. Im System LBS dominierte die typische Spätverunkrautung der Ackerbohnen mit *Chenopodium album*. Deren Dichte konnte durch Mulch im System FMS neben dem Lichtentzug möglicherweise auch durch reduzierte Stickstoffverfügbarkeit bis 97 % reduziert werden (Daten nicht dargestellt). Bei allen erfassten Parametern war der Versuchsfaktor Hafereinsaat unwirksam.

Die auch von Bilalis et al. (2003) berichtete Unkrautregulierung durch Mulch-

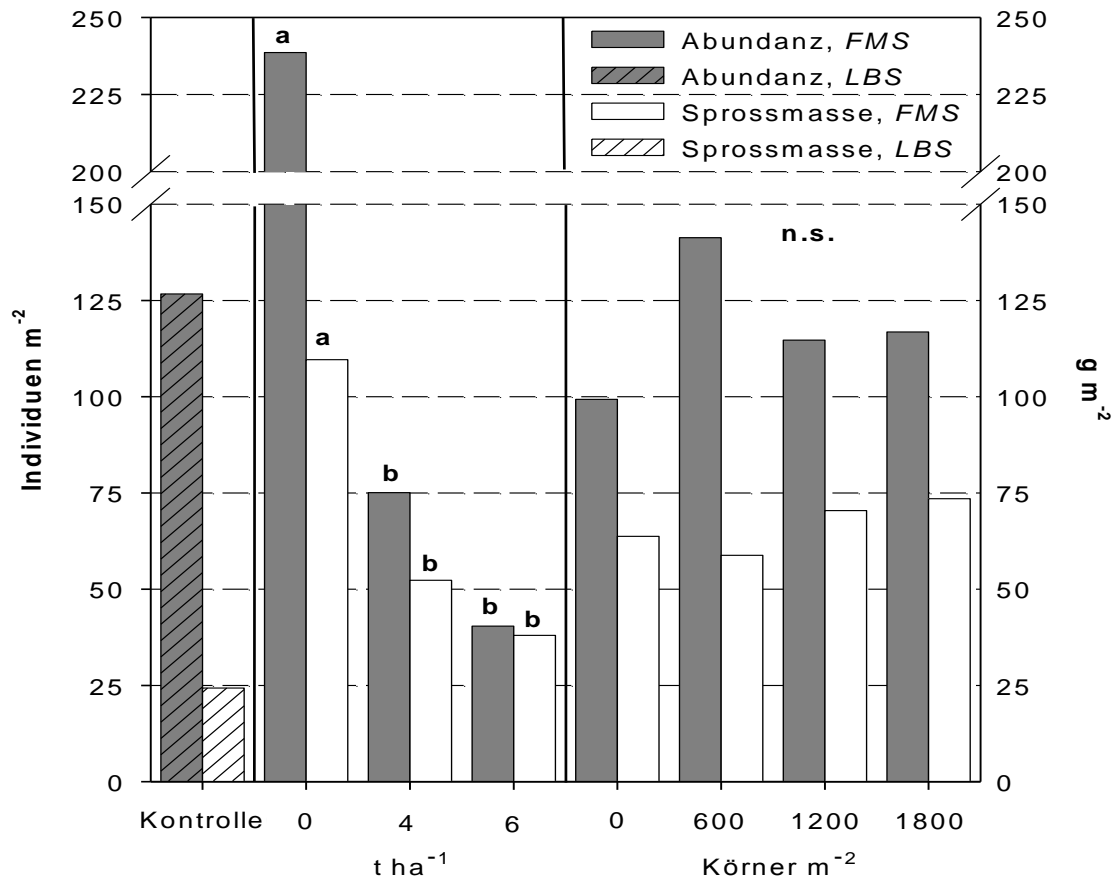


Abb.1: Abundanz (Individuen m⁻²) und Sprossmasse (g m⁻²) annualer Unkräuter in Ackerbohnen nach Pflugbearbeitung (LBS, Kontrolle) und Direktsaat (FMS). Ausbringung unterschiedlicher Strohmasse (0, 4 und 6 t ha⁻¹) und Einsaat von Hafer, (Ausfallgetreide simulierend) im August 2008 (0, 600, 1200 und 1800 Körner m⁻²). Signifikante Unterschiede wurden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (ANOVA, Tukey-Test, $\alpha=0,05$) (n.s.: nicht signifikant).

Management konnte in diesem Versuch bestätigt werden. Für die Praxis scheint eine hinreichende Unkrautunterdrückung annualer Unkräuter bereits mit mindestens 4 t ha⁻¹ Ernteresten möglich und könnte im ÖL zumindest temporäre Direktsaat von Körnerleguminosen mit allen Vorteilen für Erosionsschutz und Einsparungen von Arbeit und Treibstoff erlauben.

Danksagung

Wir danken der BLE für die weit reichende Projekt-Förderung.

Literatur

- Berner A., Hildermann I., Fliessbach A., Pfiffner L., Niggli U., Mäder P. 2008. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil and Tillage Research* 101: 89-96.
- Bilalis D., Sidoras N., Economou G., Vakali C. 2003. Effects of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in *Vicia faba* crops. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189: 233-241.
- Köpke U. 2008. Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel durch Bodenbearbeitung und Fruchtfolge. In: *Klimawandel und Ökolandbau: Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in Landwirtschaft. KTBL 227.

Einfluss des Standortes, der Bodenbearbeitung und der Fruchtart auf die bodenbürtigen CO₂-Emissionen

Gerlinde Trümper*, Andreas Klik* und Peter Liebhard**

Einleitung

Ackerböden stellen eine wesentliche Quelle für atmosphärisches Kohlendioxid dar. Bodenbürtiges CO₂ wird durch mikrobielle Respiration und Wurzelatmung freigesetzt. Die Höhe der CO₂-Emissionen wird von einer Reihe verschiedener Faktoren beeinflusst. Eine intensive Bodenbearbeitung beschleunigt den Abbau organischer Substanz und ergibt höhere CO₂-Emissionen. Auch die Standortfaktoren und die Fruchtart sind für die Emissionshöhe entscheidend.

Im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojekts wurden an mehreren Standorten im Osten Österreichs in vorgegebenen Abständen die bodenbürtigen CO₂-Emissionen gemessen und ergänzend ausgewählte bodenphysikalische und -chemische Untersuchungen durchgeführt. Ergebnisse von zwei unterschiedlichen Standorten mit langjährigen Bodenbearbeitungssystem-Vergleichsversuchen werden angeführt.

Material und Methoden

Die Versuchsflächen „Tulln“ und „Pixendorf“ liegen ca. 30 km nordwestlich von Wien. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,4°C und der Ø Jahresniederschlag beträgt 685 mm. Der Boden am Versuchsfeld in Pixendorf ist ein Braunerde-Standort mit sandigem Schluff, Tulln hingegen weist Schwarzerde mit lehmigem Ton auf. Die Bodenbearbeitungsversuche wurden als Blockanlagen auf Großparzellen mit drei Bearbeitungsvarianten in dreifacher Wiederholung angelegt. Die Anlage erfolgte in Pixendorf im Jahr 1998 mit einer Parzellengröße von 6 m x 75 m, in Tulln 2003 mit Langparzellen von 6 m x 35 m.

Bearbeitungsvarianten:

- Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflugeinsatz (CT)
- Reduzierte Bodenbearbeitung mit Wintergründecke (RT)
- Direktsaat ohne Bodenbearbeitung mit Wintergründecke (NT).

Die CO₂-Messungen erfolgten 2007, 2008 und 2009 zwischen Frühjahr und Herbst im Abstand von jeweils ein bis zwei Wochen. Zum Einsatz kam ein transportables Bodenatmungsmesssystem, bestehend aus einem Infrarot-Gasanalysator in Verbindung mit einer Bodenatmungskammer (EGM 4 + SRC 1, PP Systems). Von Dezember bis Februar wurde nicht gemessen, da einerseits die Flussraten bei tiefen Bodentemperaturen nahe null liegen und andererseits bei einer Schneedecke mit dem verwendeten Messsystem die Bodenatmung nicht erfasst werden kann. Bei jeder Messung wurden die Bodentemperatur und der Massenwassergehalt ermittelt. An mehreren Terminen pro Jahr wurden Bodenproben zur Bestimmung der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte gezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. zeigt Ergebnisse der Bodenatmungsmessungen in Pixendorf und Tulln. Ein Großteil der gemessenen Flussraten lag zwischen 0,2 und 0,8 g CO₂ m⁻² h⁻¹, wobei Maximalwerte im Sommer – speziell an heißen Tagen mit hoher Bodenfeuchte – auftraten. Sowohl die Temperatur als auch die Bodenfeuchte beeinflussten maß-

* Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien

** Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien

geblich die mikrobielle Aktivität und das Pflanzenwachstum. Im Jahr 2009 waren die Bodenbedingungen am Standort Tulln extrem ungünstig; aufgrund der hohen Bodenfeuchte (Tonboden) konnten die Messungen mehrmals nicht durchgeführt werden. Unter trockenen Bedingungen bildeten sich große Risse und Spalten, sodass die Intensität der Bodenatmung mit dem verwendeten Messsystem nicht exakt erfasst werden konnte.

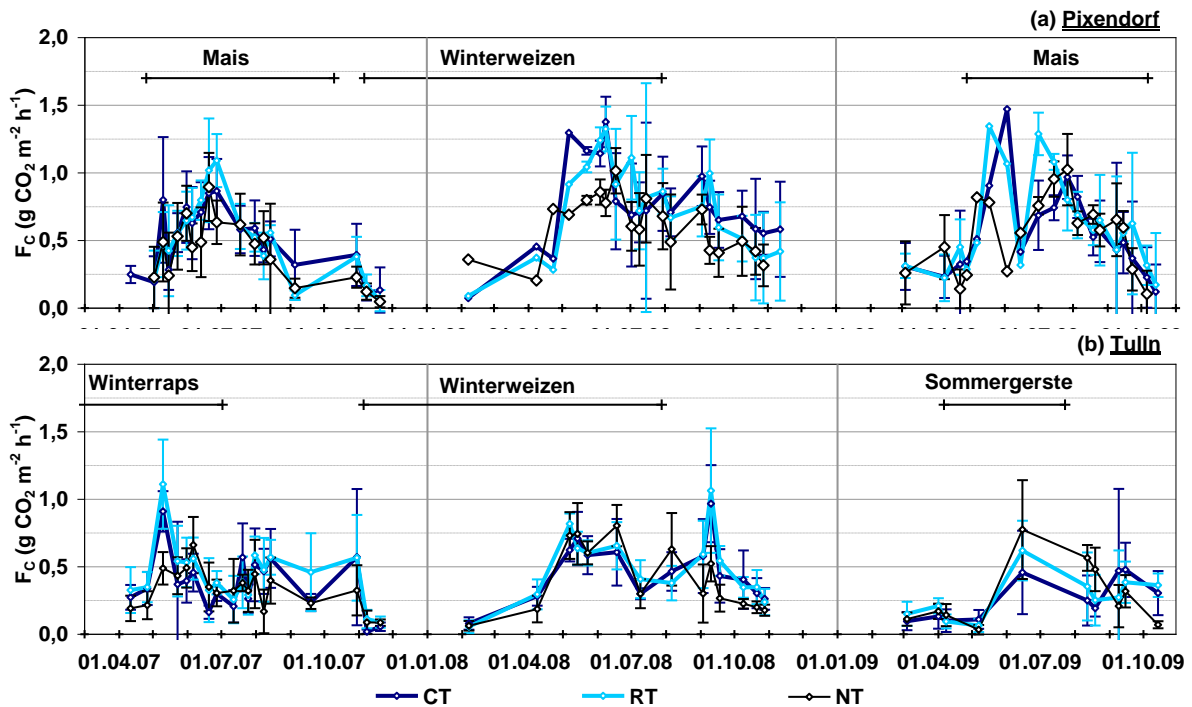


Abb. 1: Bodenbürtige CO₂-Flüsse in (a) Pixendorf und (b) Tulln von April 2007 bis Oktober 2009 (Mittelwerte und Standardabweichungen für drei Feldwiederholungen)

Trotz großer räumlicher Variabilität der CO₂-Flüsse auch innerhalb eines Plots ergaben sich sowohl bearbeitungsbedingte als auch standort- und fruchtartabhängige Unterschiede. Bei einem Großteil der Messtermine wurden für die Variante NT (Direktsaat) sehr niedrige CO₂-Flüsse gemessen, während zwischen CT (konventionelle) und RT (reduzierte Bodenb.) kein eindeutiger Unterschied erkennbar war.

Der Standortvergleich zeigte generell höhere CO₂-Flüsse am sandigen Schluffboden (Pixendorf) im Vergleich zum lehmigen Tonboden (Tulln). Ursache war das unterschiedliche Wasser- und Gastransportverhalten (aufgrund der unterschiedlichen Korngrößen- und Porenklassenverteilung).

Generell wurden bei Winterweizen höhere Bodenatmungsraten gemessen als bei Mais. Eine mögliche Ursache könnte die eingesetzte Messtechnik sein. Die Messkammer wurde immer zwischen den Pflanzenreihen aufgesetzt. Der Reihenabstand bei Mais war deutlich größer als bei Weizen (75 cm gegenüber 12 cm), daher wurde bei Weizen ein höherer Anteil Wurzelatmung erfasst als bei Mais. Außerdem befand sich der Hauptwurzelschizont bei Mais mit <80 cm in größerer Tiefe im Vergleich zu Weizen mit nur ca. 40 cm. Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist der Sätermin, bei Winterweizen bereits im Herbst, bei Mais hingegen erst im nachfolgenden Frühjahr.

Entwicklung eines teilflächenspezifischen N-Düngealgorithmus auf Basis der N-Aufnahme von Winterrapsbeständen im Herbst

Igo Pahlmann, Ulf Böttcher und Henning Kage

Einleitung

Die zurzeit verbreiteten, kommerziellen Verfahren zur teilflächenspezifischen N-Düngung von Winterraps verfolgen einen Online-Ansatz, also eine Anpassung der ausgebrachten Düngermenge an die „online“ während der Düngung gemessenen Bestandesparameter. Aus Untersuchungen von Henke et al. (2009) geht jedoch hervor, dass nicht die N-Aufnahme des Bestandes zum Vegetationsbeginn, sondern vielmehr eine Messung im Herbst ein geeigneter Indikator zur Bemessung der N-Düngung im Frühjahr ist. Ein Weg, diese Erkenntnisse in eine teilflächenspezifische Winterrapsdüngung umzusetzen, ist die Entwicklung eines Offline-Algorithmus, also die zeitliche Trennung der Erfassung der N-Aufnahme im Herbst und der Düngung im Frühjahr. Ein Prototyp eines solchen Algorithmus wurde 2009 erstmalig getestet.

Material und Methoden

Im Herbst 2008 fanden auf Praxisschlägen landwirtschaftlicher Betriebe des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein Befahrungen mit dem Yara N-Sensor® statt. Anschließend wurden georeferenzierte Pflanzenbeprobungen durchgeführt, mit denen eine Kalibration der N-Sensor-Messwerte zur Abschätzung der teilflächenspezifischen N-Aufnahme erfolgte.

Zur Düngung im Frühjahr 2009 startete eine erste Algorithmusprüfung in Streifenversuchen (Abb. 1a). Die erste N-Gabe (N1) erfolgte in allen Varianten einheitlich, zur zweiten N-Gabe (N2) wurden drei Varianten angelegt. Die erste Variante (Betrieb) bezeichnet die schlageinheitliche Applikation des von Betriebsleitern, Beratern und Versuchsanstellern gemeinsam geschätzten optimalen N-Niveaus. In der zweiten Variante (CAU) erfolgte eine teilflächenspezifische N-Düngung mittels Offline-Algorithmus, welcher die N-Düngung der im Herbst vorgefundenen Variation der N-Aufnahme anpasst. Die dritte Variante (Verringert) sah das schlageinheitliche Ausbringen des mittleren N-Düngeniveaus der teilflächenspezifischen Variante (CAU) vor. An einem Standort wurde zusätzlich eine dritte N-Gabe (N3) zusammen mit der Blütenbehandlung einheitlich und konstant in allen Varianten appliziert (Abb. 1b).

Die Beerntung erfolgte streifenweise im Kerndrusch mit der betrieblichen Ernte-technik unter Zuhilfenahme eines mobilen Wägesystems. Eine Vermessung mit GPS diente der möglichst genauen Bestimmung der Kerndruschfläche. Feuchte und Fremdbesatz des Ernteguts wurden an Unterproben ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In der teilflächenspezifischen Variante (CAU) ließ sich trotz einer Reduktion der N-Aufwandmenge um 30 kg N/ha (Abb. 1b) im Kerndrusch kein Minderertrag feststellen (Abb. 1c). Eine schlageinheitliche Reduktion der N-Düngung um den gleichen Betrag (Variante: Verringert) hingegen führte im Mittel zu einem deutlichen Ertragsrückgang sowohl gegenüber der Variante „Betrieb“ als auch gegenüber „CAU“. Da die Versuchsanlage in den Varianten „CAU“ und „Verringert“ das gleiche Düngeniveau prüft, sind auftretende Unterschiede der Funktionsweise des teil-

flächenspezifischen Düngealgorithmus und der damit einhergehenden Umverteilung der Düngermengen innerhalb des Prüfgebietes zuzuschreiben. Durch die wie erwartet hohe auftretende Streuung, welche beim Drusch von für solche Versuchsfragen notwendigerweise sehr heterogenen Flächen auftritt, ließen sich die Mittelwertsunterschiede jedoch nicht signifikant absichern. Aufgrund der viel versprechenden Ergebnisse des ersten Versuchsjahres werden die Versuche mit diesem Algorithmus in gleicher Form an weiteren Standorten fortgeführt.

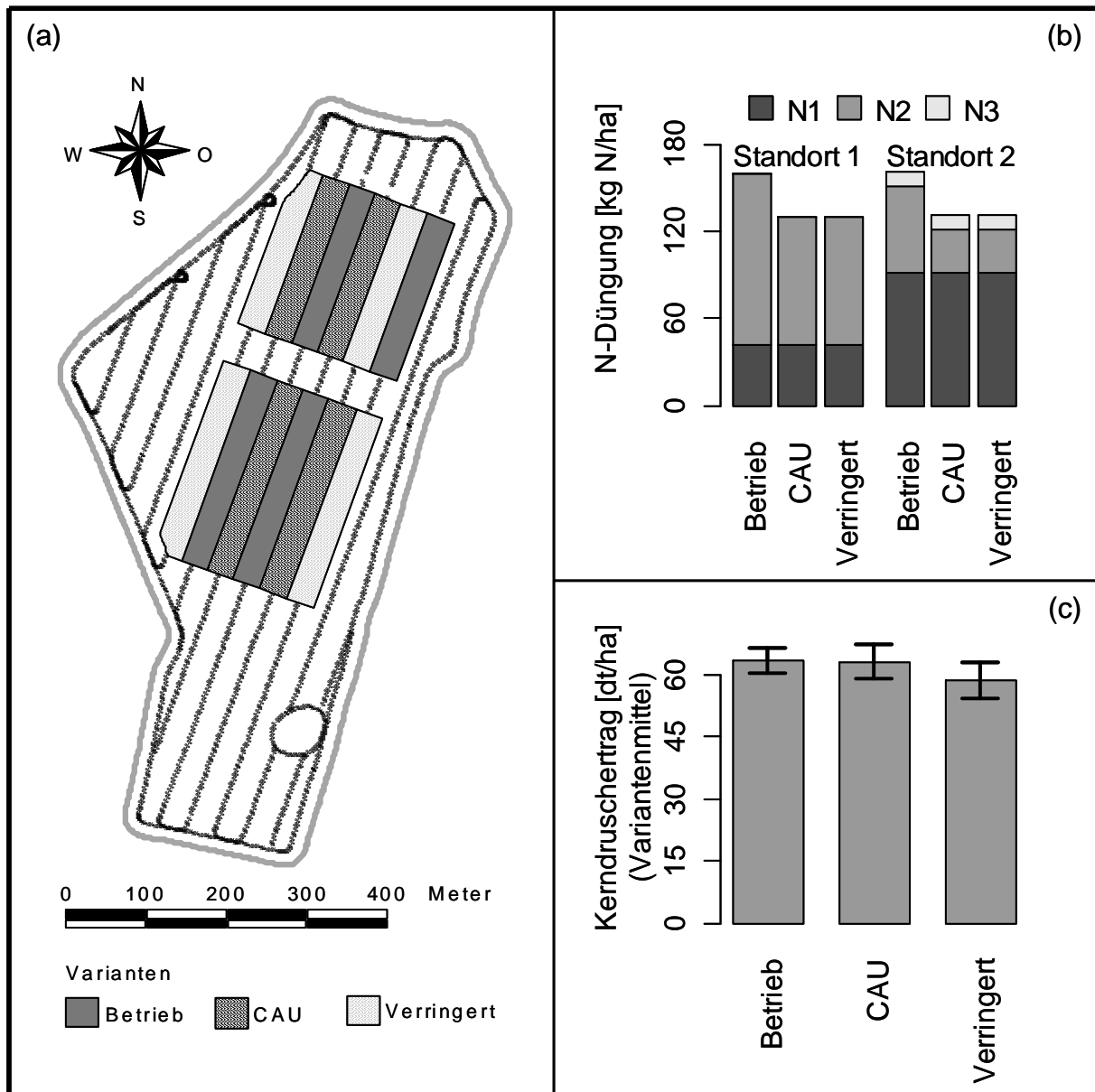


Abb 1: (a) Versuchsplan Streifenanlage an Standort 1. (b) Düngerteilgaben und Düngenniveau auf den zwei Versuchsstandorten 2009. (c) Erträge (Kerndrusch) im Mittel der Varianten über beide Standorte

Literatur

Henke J., Sieling K., Sauermann W., Kage H. 2009: Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 147: 1-8.

Vergleich verschiedener Vegetationsindizes und ihre Eignung zur Bestimmung der N-Aufnahme in Winterweizen für die teilschlagbezogene Düngung

Martin Strenner und Franz-Xaver Maidl

Einleitung

Ziel von Precision-Farming ist, den Produktionsmitteleinsatz entsprechend der Bestandesheterogenität zu steuern. Zur berührungslosen Charakterisierung von Pflanzenbeständen finden derzeit vor allem Reflexionsmessungen und Messungen der laserinduzierten Chlorophyllfluoreszenz Anwendung.

Das Ziel dieser Arbeit ist, verschiedene Vegetationsindizes bei Reflexionsmessungen hinsichtlich ihrer Eignung zur Erfassung der Stickstoffaufnahme von Winterweizen zu prüfen.

Material und Methoden

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden auf den Versuchsflächen des Wissenschaftszentrums Weihenstephan zwei verschiedene Parzellenversuche bei Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) durchgeführt. Im ersten Versuch wurde eine Winterweizensorte mit acht verschiedenen Stickstoffraten in Höhe von 0-260 kg N ha⁻¹ behandelt. Der zweite Versuch bestand aus sieben verschiedenen Weizensorten mit vier Stickstoffdüngestufen (0, 100, 160 und 220 kg N ha⁻¹). Bei beiden Versuchen unterschieden sich die Stickstoffraten sowohl in der N-Gesamtmenge als auch in der Terminierung der Teilgaben. Jeder Versuch war als Doppelparzellenversuch mit vier Wiederholungen angelegt. Dabei diente eine Parzelle den Sensormessungen und der Mähdruschernte, während auf der anderen Parzelle zeitgleich zu den Sensormessungen während der Vegetationsperiode zu fünf Terminen Biomasseproben entnommen wurden. Diese wurden nach der Ermittlung der Trockenmasse auf deren N-Gehalt untersucht. Die Reflexionsmessungen der Bestände erfolgten mit einem Handradiospektrometer der Firma tec5 AG (Oberursel, Deutschland). Dabei wurden die Vegetationsindizes REIP, NDVI, IR/R, IR/G, IRI 1, IRI 2, NDI 1, NDI 2, SR 1, SR 2 und Yara ALS errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Aufnahme von Winterweizen ließ sich zu allen Entwicklungsstadien mit reflexionsanalytischen Messungen gut abbilden (Tab. 1). Dabei zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede in der Höhe der R²-Werte einzelner Vegetationsindizes zur N-Aufnahme.

Tab. 1: R²-Werte der N-Aufnahme zu den Vegetationsindizes (2009)

EC	REIP	NDVI	IR/R	IR/G	IRI 1	IRI 2	SAVI	NDI1	NDI2	SR 1	SR 2	Yara
30	0,84	0,74	0,76	0,82	0,84	0,85	0,76	0,82	0,84	0,84	0,84	0,84
32	0,84	0,58	0,74	0,83	0,86	0,85	0,67	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85
37	0,82	0,60	0,75	0,80	0,81	0,80	0,80	0,81	0,82	0,82	0,82	0,81
49	0,70	0,38	0,53	0,66	0,64	0,61	0,53	0,73	0,70	0,70	0,72	0,67
65	0,71	0,38	0,73	0,74	0,70	0,70	0,54	0,75	0,71	0,71	0,75	0,70

Die Vegetationsindizes NDVI und SAVI konnten nur zu Beginn der Schossphase hinreichend genau die N-Aufnahme abbilden und fielen im Laufe der weiteren Pflanzenentwicklung deutlich gegenüber den anderen untersuchten Indizes ab. Besonders die Vegetationsindizes REIP, NDI 1, NDI 2 und SR 2 zeichneten sich durch ein hohes Bestimmtheitsmaß zur N-Aufnahme aus. Die R^2 -Werte lagen dabei im Bereich von 0,70 bis 0,85 zu allen untersuchten Entwicklungsstadien.

Des Weiteren zeigten der NDVI und der SAVI einen ausgeprägten Sättigungseffekt. Dabei konnten gering mit N versorgte Bestände gut differenziert werden, wohingegen bei hoch versorgten Beständen keine Unterschiede mehr dargestellt werden konnten (Abb. 1). Die anderen untersuchten Indizes wiesen keinen so starken Sättigungseffekt auf. Ein weiterer Aspekt ist der starke Sorteneinfluss beim NDVI, wohingegen auf andere Indizes, wie dem REIP, der Sorteneinfluss deutlich schwächer war (Abb. 2 und 3).

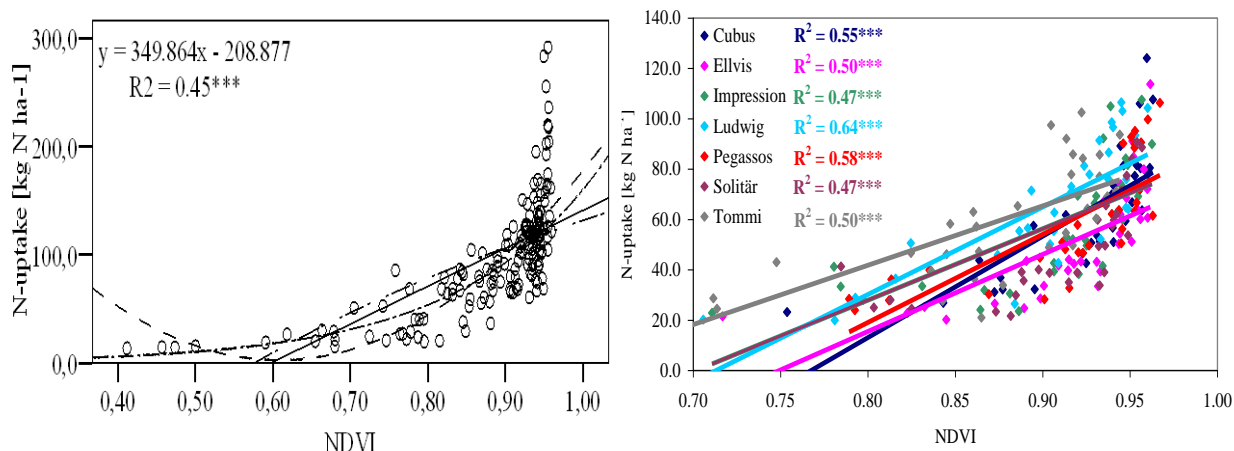


Abb. 1: Sättigung NDVI (EC37, 07-09)

Abb. 2: Sorteneinfluss NDVI (EC32, 07-09)

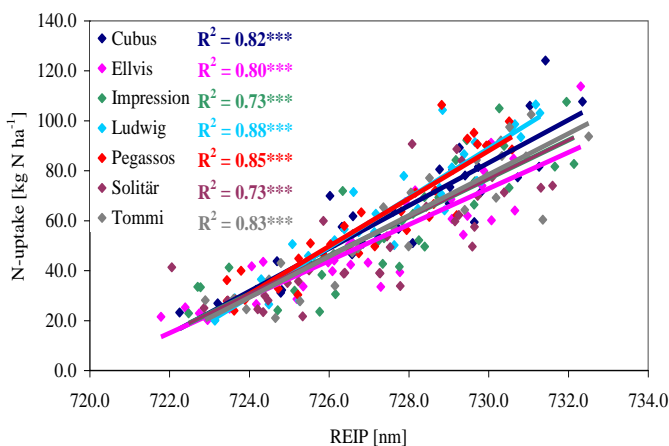


Abb. 3: Sorteneinfluss REIP (EC32, 07-09)

Diesen starken Sorteneinfluss zu den für die Düngung relevanten EC-Stadien zeigten neben dem NDVI auch noch der Index IR/R und der SAVI. Bei den anderen Indizes zeigte die Varianzanalyse keine signifikanten Sorteneffekte. Die Untersuchungen ergaben, dass viele verschiedene Vegetationsindizes zur Bestimmung der N-Aufnahme verwendet werden können. Besonders REIP, NDI 1, NDI 2 und SR 2 zeigten sich in dieser Hinsicht als sehr geeignet.

Vorteilhaft waren vor allem die Indizes, deren verwendete Wellenlängen mehr im Infrarotbereich liegen. Die Ursache hierfür ist in der besonders starken Differenzierung der Reflexionswerte in Abhängigkeit der N-Aufnahme zu sehen. Die Frage des Verhaltens verschiedener Reflexionsindizes in Abhängigkeit der Einstrahlungsbedingungen soll in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Winterraps (*Brassica napus* L.) im Ökologischen Landbau – Anbau und Düngung

Christoph Stumm und Ulrich Köpke

Einleitung

Die Nachfrage nach Körnerraps aus Ökologischem Landbau (ÖL) ist anhaltend hoch, die Vermarktung über Abnahmeverträge gesichert. Insbesondere für den viehlosen Ackerbau sind die positiven Vorfruchteffekte von Raps (McEwen et al. 1989) interessant. Dennoch ist der Anbauumfang im ÖL vergleichsweise gering. Ursachen sind das hohe Anbaurisiko durch Unkraut-, Schädlings- und Krankheitsdruck sowie der hohe Nährstoffanspruch v. a. im Frühjahr. Um diese Restriktionen zu überwinden, wurden im Projekt „Leitbetriebe Ökologischer Landbau NRW“ verschiedene Rapsanbausysteme und eine Frühjahrsdüngung mit PPL (*Potato Protein Liquid*) hinsichtlich Unkrautkontrolle, Nährstoffmanagement und Ertragswirksamkeit geprüft.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden als zweifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Faktoren Anbausystem (i. enger Reihenabstand (12 cm), ohne mechanische Unkrautkontrolle; ii. weiter Reihenabstand (24 cm), mit Maschinenhacke; iii. Doppelreihe Raps und Doppelreihe Buchweizen (Reihenabstand 12 cm), ohne mechanische Unkrautkontrolle; iv. Doppelreihe Raps und Doppelreihe frei (Reihenabstand 12 cm), mit Maschinenhacke) und Frühjahrsdüngung (I. 80 kg N/ha PPL (*Potato Protein Liquid*); II. ohne Düngung) angelegt. Dargestellt werden die Ergebnisse der Versuche aus den Erntejahren 2008 und 2009 auf den Standorten Wiesengut (WG) und Höfferhof (HH). Die Standortdaten, Angaben zur Kulturführung sowie nicht dargestellte Parameter sind in den jährlichen Versuchsberichten auf der Projekthomepage unter www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de detailliert abgebildet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Gegensatz zu den Erfahrungen unter Praxisbedingungen von Buschhaus und Künsemöller (2004) wurde durch das Anbausystem iii. (Raps im Gemenge mit Buchweizen) bis zur Blüte weder die Verunkrautung reduziert (Tab. 1) noch die Stickstoffaufnahme gesteigert (Tab 2). Ein signifikanter Unterschied in der Unkrauttrockenmasse zwischen der kostengünstigsten Variante i. im Vergleich zu ii. und iv. wurde in keinem der Versuche festgestellt.

Tab. 1: Einfluss von Anbausystem und Düngung auf die Unkrauttrockenmasse (t/ha) zu BBCH 60-65 (WG '08 am 16.4.2008, WG '09 am 20.4.2009, HH '09 am 21.4.2009). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikanten Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test)

Standort	Anbausystem					Düngung		
	i.	ii.	iii.	iv.	GD 5%	I.	II.	GD 5%
WG '08	0,68ab	0,55b	0,90 a	0,88a	0,30	0,83A	0,68B	0,16
WG '09	0,31	0,37	0,39	0,48	0,22 n.s.	0,43	0,34	0,12 n.s.
HH '09	0,26b	0,18b	0,59a	0,41 ab	0,31	0,43	0,29	0,16 n.s.

Die z. T. signifikant niedrigere Stickstoffaufnahme von Raps in der Variante iii. kann auf die Konkurrenz durch Buchweizen zurückgeführt werden, der in den geschil- derten Versuchen bis zu 18 kg N/ha vor Winter in die Sprossmasse aufnahm. Eine höhere Mineralisierung im Frühjahr wurde in dieser Variante jedoch ebenso wenig festgestellt wie ein Einfluss auf die Bodennitratgehalte vor Winter (Ergebnisse nicht dargestellt).

Tab. 2: Einfluss von Anbausystem und Düngung auf die Stickstoffaufnahme (kg/ha) von Raps zu BBCH 60-65 (WG '08 am 16.4.2008, WG '09 am 20.4.2009, HH '09 am 21.4.2009). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikanten Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test)

Standort	Anbausystem					Düngung		
	i.	ii.	iii.	iv.	GD 5%	I.	II.	GD 5%
WG '08	86,5	101,7	82,7	88,2	34,4 n.s.	105,2A	74,1B	18,1
WG '09	126,3ab	143,9a	89,9b	116,5ab	51,3	131,6	106,7	27,0 n.s.
HH '09	110,2a	125,2a	65,3b	95,4ab	37,8	112,3A	85,8B	19,9

Der Kornertrag war in Variante iii. z. T. signifikant geringer als in den anderen getes- teten Varianten (Tab. 3). Das kostengünstigste Anbausystem i. unterschied sich im Kornertrag nicht signifikant von den kostenintensiveren Anbausystemen (ii. und iv.). Nach Untersuchungen von Grosse et al. (1992) sind bei Raps alle Ertragsparameter außer der TKM kompensatorisch an der Ertragsbildung beteiligt. Dieser Zusammen- hang wurde auch in den eigenen Versuchen bestätigt (Ergebnisse nicht dargestellt).

Tab. 3: Einfluss von Anbausystem und Düngung auf den Kornertrag (t/ha, 91 % TM) von Winterraps. Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikanten Unterschied $\alpha = 0,05$ (Tukey-Test)

Standort	Anbausystem					Düngung		
	i.	ii.	iii.	iv.	GD 5%	I.	II.	GD 5%
WG '08	2,95a	3,01 a	2,54b	2,99a	0,36	3,27A	2,47B	0,19
WG '09	3,85ab	4,08a	3,48b	3,90a	0,41	4,32A	3,34B	0,22
HH '09	3,88a	4,23a	3,13b	4,21a	0,55	4,11A	3,61B	0,29

Die Frühjahrsdüngung steigerte den Kornertrag in allen Versuchen signifikant. Bei bestehender Anbauunsicherheit, die sich in den eigenen Versuchen im Totalausfall von 1/3 aller angelegten Versuche durch ungleichmäßigen Feldaufgang, Auswinte- rung und Schädlingsbefall ausdrückte, ist der Rapsanbau wirtschaftlich nur wenig attraktiv. Inwieweit Raps diesen Nachteil durch positive Vorfruchteffekte kompen- sieren kann, bleibt für den Ökologischen Landbau zu prüfen.

Literatur

- Buschhaus U., Künsemöller H. 2004: Bio-Raps mit Buchweizen. Bioland 4: 11.
 Grosse G., Léon J., Diepenbrock W. 1992: Yield Formation and Yield Structure of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) 1. Genotypic Variability. Journal of Agronomy and Crop Science. 169(1-2): 70-93
 McEwen J., Darby R.J., Hewitt M.V., Yeoman D.P. 1989: Effects of field beans, fallow, lupins, oats, oilseed rape, peas, reygrass, sunflowers and wheat on nitrogen residues in the soil and on the growth of a subsequent wheat crop. J. Agric. Sci. 115: 209-221

Kurzfristige Wirkungen organischer Düngemittel mit unterschiedlichem C:N-Verhältnis auf Ertrag und N₂-Fixierleistung von Rotklee und Ackerbohne

G. Lux und K. Schmidtke

Einleitung

Der erfolgreiche Anbau von Leguminosen ist im ökologischen Landbau die Grundlage einer ausreichenden Stickstoffversorgung der nichtlegumen Kulturen. Demgegenüber führen unzureichende Nährstoffversorgung und fruchtfolgebedingt auftretende Schaderreger zunehmend zu sinkenden TM-Erträgen und verminderter symbiotischer N₂-Fixierleistung. Der Einsatz betriebsfremder organischer Düngemittel zu Leguminosen kann hingegen dazu beitragen, die Nährstoffversorgung der Pflanzen zu sichern. In einem zweijährigen Feldversuch im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Projektes werden deshalb vor allem kurzfristige Wirkungen betriebsfremder organischer Düngemittel auf die Nährstoffaufnahme, die Ertrags- und symbiotische N₂-Fixierleistung von Leguminosen sowie die Entbindung von CO₂ aus dem Boden und Nutzung des entbundenen CO₂ durch Pflanzenbestand ermittelt. Zusätzlich wird die Wirkung der organischen Düngemittel auf Keimung und Wachstum von Unkräutern untersucht. Ziel des Beitrages ist es darzustellen, ob durch die geprüften kohlenstoffreichen organischen Düngemittel bodenbürtiger mineralischer Stickstoff temporär immobilisiert wird und hierdurch die Ertrags- und die symbiotische N₂-Fixierleistung der Leguminosen beeinflusst werden.

Material und Methoden

Die Versuchsdurchführung erfolgte auf den Versuchsfeldern der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden am Standort Dresden-Pillnitz (mittlere Jahrestemperatur: 9,2 °C, Jahresniederschlag: 648 mm, Bodentyp: Braunerde in Auenlage, Bodenart im Ap-Horizont und B-Horizont des Standortes: lehmiger Sand (SI3), im C-Horizont sandiger Lehm (Ls3)). Der Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Faktoren Düngung und Pflanzenart in vier Wiederholungen angelegt. Die organischen Düngemittel Grüngutkompost, Grünguthäcksel und Pferdemist wurden mit einer Menge an gedüngtem C in Höhe von 10 t ha⁻¹ zu Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Ackerbohne (*Vicia faba* L.) appliziert. Neben einer Kontrollvariante ohne Düngung wurde eine Kalkvariante mit 30 dt CaO ha⁻¹ sowie eine Variante mit mineralischer Düngung (Rohphosphat, Kaliumsulfat) angelegt. Alle Düngemittel wurden vor der Aussaat der Kulturen nach erfolgter Pflugfurche (Bearbeitungstiefe 25 cm) ausgebracht und mit einer Kreiselegge flach eingearbeitet. Die Aussaat des Rotklees (Sorte Titus) mit einer Aussaatstärke von 850 keimfähigen Samen m⁻² und der Ackerbohne (Sorte Fuego) mit einer Aussaatstärke von 50 keimfähigen Samen m⁻² erfolgte am 02. April 2009 bzw. 19. März 2010. Geerntet wurde der Rotklee im Jahr 2009 in drei Schnitten am 10. Juli, 24. August und 14. Oktober. Die Ackerbohne wurde am 31. August 2009 geerntet. Nach der Saat bis zur Ernte erfolgte keine Unkrautregulierung.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1: N_{\min} im Boden unter Rotklee in 0 bis 30 cm Tiefe 35 Tage¹ und in 0 bis 60 cm Tiefe 357 Tage² nach Ausbringung der organischen Düngemittel; Sprossertrag Rotklee (3 Schnitte + Stoppelmasse) und N-Ertrag im Rotklee boden- und düngebürtig (b_d) bzw. luftbürtig im Jahr 2009

Düngemittel	C/N	N_{\min} 35 ¹ [kg ha ⁻¹]	N_{\min} 357 ² [kg ha ⁻¹]	TM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	$N_{b\text{-bürtig}}$ [kg ha ⁻¹]	N_{fixiert} [kg ha ⁻¹]
Kontrolle	-	14,6 ab	26,2 ab	107	27 a	267
Mineralisch	-	13,3 ab	29,1 ab	108	53 ab	280
Kalk	-	10,4 a	26,1 ab	111	40 ab	273
Grüngut- kompost	18	21,5 b	25,5 a	121	39 ab	289
Pferdemist	33	14,1 ab	34,3 b	125	84 b	273
Grüngut- häcksel	62	7,2 a*	22,8 a*	117	42 ab*	274

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, * $P < 0.05$

Die Ertragsleistung des Rotklees war in allen Düngevarianten gegenüber der Kontrollvariante erhöht (Tab. 1). Bei der Ackerbohne fiel nur der Korn- und Strohertrag der Variante Pferdemist gegenüber der Kontrolle geringer aus, was vor allem auf einen aussaatbedingt schlechten Feldaufgang zurückzuführen war. Dies zeigt, dass auch bei hohen Aufwandmengen an organischen Düngemitteln keine negativen Wirkungen auf die Ertragsausbildung auftreten müssen. Ein deutlicher Effekt zeigte sich hinsichtlich einer Festlegung von mineralischem Stickstoff im Boden unter Rotklee (Tab. 1). Diese Festlegung erfolgte in verstärktem Maße mit Anstieg des C/N-Verhältnisses im Düngemittel bei gleich hoher Menge an zugeführtem Kohlenstoff und war in 0 bis 30 cm Tiefe bereits 35 Tage nach Ausbringung zu verzeichnen. Bis zum Folgejahr im Frühjahr 2010 unter der Nachfrucht Winterweizen hatte sich diese Wirkung weitestgehend neutralisiert und in der Variante Pferdemist umgekehrt, was möglicherweise mit einer mikrobiellen Umsetzung der organischen Substanz und der daraus resultierenden N-Mineralisierung aus den Düngemitteln zu begründen ist. Der Vergleich der aufgenommenen Mengen an boden- und düngebürtigem Stickstoff in den Varianten mineralische Düngung und Grüngutkompost lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen aus dem Boden und Düngemittel nicht ausschließlich von den zugeführten Mengen an N bestimmt wurde, sondern auch eine erhöhte Mineralisierungsrate im Boden und ein verstärktes N-Aneignungsvermögen durch eine verbesserte Nährstoffversorgung der Pflanzen einen Einfluss auf die N-Aufnahme hatten. Die N_2 -Fixierleistung des Rotklees lag im Jahr 2009 in allen Düngevarianten über dem Betrag der Kontrolle, wobei die Höhe der N_2 -Fixierung nicht durch das C/N-Verhältnis des Düngemittels bestimmt wurde, sondern offensichtlich durch eine verbesserte Nährstoffversorgung. Zudem haben sich die gedüngten Pflanzen offenbar verstärkt Stickstoff aus tieferen Bodenschichten angeeignet.

Ertrag und Qualität geköpfter und entblätterter Zuckerrüben

Antje Wulkow und Christa Hoffmann

Einleitung

Der Rübenkopf wird bei der Ernte unterhalb der lebenden Blattansätze abgeschnitten und nach Branchenvereinbarung nicht mitgeliefert. Trotz etablierter und ausgereifter Köpftechnik entstehen bei der Ernte Masseverluste, vor allem durch zu tiefes Köpfen, aber auch durch Bruch und Abschürfungen am Rübenkörper. Masseverluste durch zu tiefes Köpfen können vermieden werden, wenn Zuckerrüben entblättert statt geköpft gerodet werden. Entblätterte Zuckerrüben werden seit 2007 in Deutschland geerntet. Es liegen allerdings wenige Ergebnisse vor, um das Ernteverfahren objektiv bewerten zu können. Daher gilt es zu untersuchen, inwieweit Ertrag und technische Qualität sich verändern, wenn Zuckerrüben nur entblättert werden und der Rübenkopf einbezogen wird.

Das theoretische Potenzial des Entblätterns lässt sich erfassen, wenn man den Rübenenertrag und die technische Qualität von optimal geköpften Zuckerrüben und Rüben mit Kopf separat ermittelt (Hoffmann und Wulkow 2010). In der Praxis sind Zuckerrüben allerdings nicht immer optimal, sondern oftmals zu hoch geköpft. Daher können die theoretischen Veränderungen, die durch die zusätzliche Erfassung des Rübenkopfes bei optimal geköpften Zuckerrüben ermittelt werden, in der Praxis geringer ausfallen. Nachfolgend werden Ergebnisse aus Exaktversuchen und Paarvergleichen auf Praxisschlägen vorgestellt, die durchgeführt wurden, um zu prüfen, inwieweit sich theoretische Veränderungen in Ertrag und technischer Qualität durch Entblättern in der Praxis wiederfinden lassen.

Material und Methoden

Die Exaktversuche wurden 2009 in Parzellen (10,8 m²) auf zwei Standorten (Oedelum, Sieboldshausen) mit 8 in der Praxis häufig angebauten Sorten in 4-facher Wiederholung durchgeführt. Eine manuelle Ernte ermöglichte die exakte Trennung des Rübenkopfes von der Rübe unterhalb der lebenden Blattansätze gemäß des Göttinger Schätzrahmens. Der Zuckergehalt wurde polarimetrisch gemessen, die Gehalte an K und Na wurden flammenphotometrisch und von α -Amino-N fluorimetrisch nach der OPT-Methode bestimmt (ICUMSA, 2003).

In den Paarvergleichen auf Praxisschlägen wurden Zuckerrüben auf 10 Standorten spurweise entweder durch einen 6-reihigen Köpfrodebunker (KRB6 SF) mit herkömmlichen Köpfaggagaten gerodet oder durch einen KRB6 SF mit Gummischlegeln entblättert. Die Rüben wurden separat in Mieten gelagert und zur Fabrik abgefahren, wo jeder LKW für die Qualitätsanalyse 10-fach beprobt wurde. Ernte (Beschaffenheit und Größe der beernteten Flächen, Maschinentyp, Rodegeschwindigkeit, Transport) und Datenerfassung (Bonitur, Probenahme) wurden auf allen Standorten gleich gehalten.

Tab. 1: Ertrag und Qualität von geköpften und entblätternen Zuckerrüben in Exaktversuchen (2 Standorte, 8 Sorten, 2009; Daten aus: Hoffmann und Wulkow 2010) sowie in Paarvergleichen (10 Standorte, 2009; Daten aus: Wulkow et al. 2010), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten

	Exaktversuch			Paarvergleich		
	optimal geköpft	entblättert	Änderung (geköpft=100%)	praxisüblich geköpft	entblättert	Änderung (geköpft=100%)
Rübenertrag (t ha ⁻¹)	94,8 b	103,4 a	+ 9,1	78,0 b	81,0 a	+ 3,6
Zuckeranteil (%)	18,5 a	18,0 b	- 2,8	18,2 a	18,0 a	- 0,6
Zuckerertrag (t ha ⁻¹)	17,4 b	18,4 a	+ 5,7	13,8 b	14,2 a	+ 2,8
Kaliumgehalt (mmol kg ⁻¹ FM)	31,7 b	33,5 a	+ 5,6	30,9 b	31,8 a	+ 2,7
Natriumgehalt (mmol kg ⁻¹ FM)	2,4 b	3,3 a	+ 37,5	4,9 b	5,4 a	+ 8,4
Amino-N-Gehalt (mmol kg ⁻¹ FM)	8,9 b	10,0 a	+ 12,4	13,6 a	13,9 a	+ 3,7

Ergebnisse und Diskussion

Entblättern ermöglichte einen höheren Rübenertrag, weil zu tiefes Köpfen und damit verbundene Masseverluste vermieden wurden, ferner wurde zusätzlich Rübenkopf geliefert. Allerdings wurden die Mehrerträge (9,1 %) aus Exaktversuchen nicht erreicht, weil Rüben in den Paarvergleichen praxisüblich recht hoch geköpft waren und einen hohen Anteil an Blattresten aufwiesen. Das führte dazu, dass entblätternen Rüben und Zuckerrüben mit Blattresten grundsätzlich höhere Gehalte an Melassebildnern aufwiesen und daher eine geringere Verarbeitungsqualität als geköpfte Rüben hatten.

Literatur

- Hoffmann C., A. Wulkow 2010: Unterscheiden sich Sorten im Rübenkopf? Ertrag und Qualität bei optimal geköpften Rüben. Zuckerrübe 59: 18-21.
- ICUMSA 2003: Methods Book. Verlag Dr. Albert Bartens, Berlin.
- Wulkow A., H. Coenen, F. Michiels-Corsten, H. Leipertz, A. Windt, K. Bürcky, C. Hoffmann 2010: Entblätternen und geköpfte Rüben – Vergleich der Rodesysteme in Ertrag und Qualität. Zuckerrübe 59: 92–95.

Spezifische Polyphenoloxidase-Aktivität von Rotklee unter Berücksichtigung von Genotyp und Nutzung – Einfluss auf die Proteinqualität

Nina Weiher, Manuel Krawutschke, Martin Gierus und Friedhelm Taube

Einleitung

Futterleguminosen können durch ihre Gehalte an schnell abbaubarem Protein bei einem ungünstigen Protein-Energie-Quotienten des Futters von den Mikroorganismen im Pansen der Wiederkäuer oft nur unzureichend verwertet werden. Als Maßnahme zur Verringerung der Stickstoffverluste kann die Verbesserung der N-Nutzungseffizienz (NUE) der Wiederkäuer durch bestimmte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine oder die Polyphenoloxidase (PPO) dienen. Die im Rotklee vorkommende PPO ist verantwortlich für die enzymatische Bräunungsreaktion, bei der sehr reaktive o-Chinone gebildet werden, die an Proteine oder Phenole binden und Chinon-Protein-Komplexe bilden. Diese können hemmend auf den raschen Proteinabbau in der Silage und in den Vormägen der Wiederkäuer wirken (Sullivan, Hatfield 2006) und damit die NUE verbessern. Überprüft wird in dieser Arbeit, welchen Einfluss die spezifische PPO-Aktivität unter Berücksichtigung von Genotyp und Nutzung auf die Proteinqualität verschiedener Rotklee-Genotypen hat.

Material und Methoden

Am Standort Hohenlieth (Ls, Ø 8,9 °C, Ø 804,5 mm) wurden in einem Feldversuch 12 Rotklee (*Trifolium pratense* L.)-genotypen mit Weißklee (*T. repens*) als Kontrolle in den beiden Systemen ohne und mit mechanischem Stress (Cambridge-Walze drei Wochen vor dem Schnitt, Simulierte Beweidung) in drei Wiederholungen geprüft. Zu jedem Schnitttermin wurden das phänologische Entwicklungsstadium (mean stage by count - MSC), Erträge und Blatt/Gewichtsverhältnis (BGV) erfasst. Die Bestimmung der PPO in den tiefgekühlten Blättern erfolgte in Anlehnung an Escribano et al. (1997) mit Kaffeesäure als Substrat. Die PPO-Werte wurden auf das BGV bezogen. Die Proteinfractionierung erfolgte nach Licitra et al. (1996). Dargestellt werden einjährige Daten der spezifischen PPO-Aktivität und Zusammenhänge mit den Proteinfractionen verschiedener Rotklee-Genotypen. Die gewonnenen Daten wurden einer Varianzanalyse bzw. Regressionsanalyse mit SAS 9.1 unterzogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die spezifische PPO-Aktivität wurde bei allen vier Aufwüchsen gemessen, wobei im System mit Stress meist höhere Werte ermittelt wurden. Weißklee zeigte stets die geringste PPO-Aktivität. Bei beiden Systemen wurden die höchsten Werte beim Herbstaufwuchs beobachtet. Bei Fraktion A erzielte Weißklee die höchsten Werte (Weißklee 228,9 g/kg XP; Rotklee 174,8 g/kg XP), außer beim dritten Aufwuchs. Den mengenmäßig größten Anteil an den Fraktionen nahm bei Rotklee wie auch bei Weißklee Fraktion B2 ein (217,3-423,7 g/kg XP). Während auf Fraktion B1 sowohl Aufwuchs als auch Genotyp einen signifikanten Einfluss hatten, wurde für Fraktion B2 und B3 jeweils eine signifikante Wechselwirkung zwischen System und Aufwuchs festgestellt.

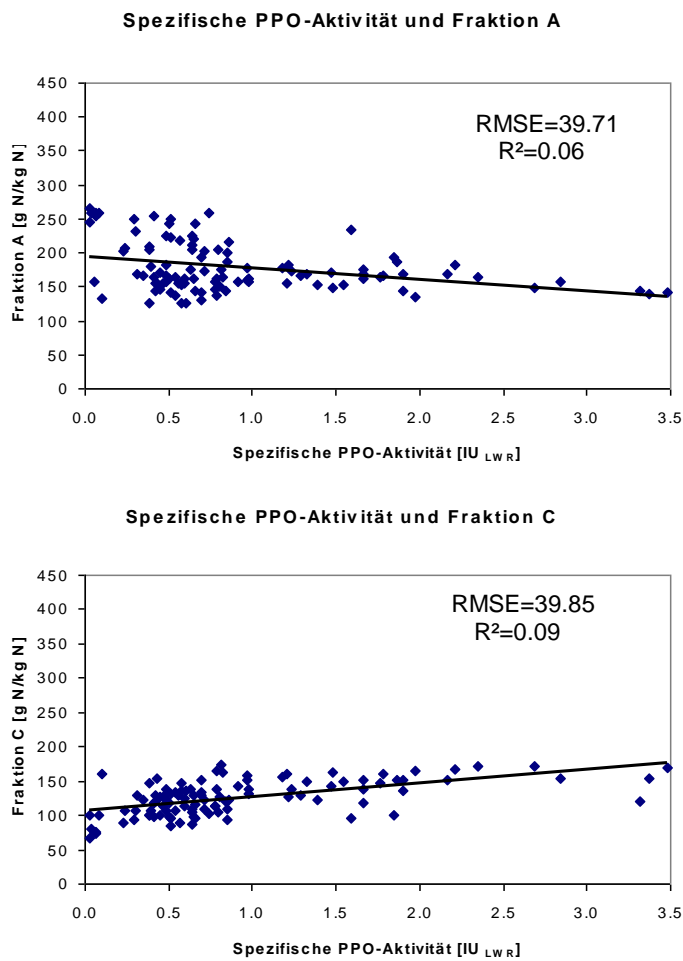


Abb. 1: Zusammenhang zwischen spezifischer PPO-Aktivität und Fraktion A bzw. Fraktion C

Mit steigender PPO-Aktivität ergab sich tendenziell eine Abnahme der Fraktion A (NPN-Verbindungen) sowie eine minimale Zunahme der Fraktion C (siehe Abb. 1), allerdings gekennzeichnet durch sehr geringe Bestimmtheitsmaße ($R^2=0,06$; $R^2=0,09$). Bei den B-Fractionen konnte kein Zusammenhang mit der spezifischen PPO-Aktivität gefunden werden. Die erwartete Verschiebung der Fraktionen mit steigender PPO-Aktivität von den schnell abbaubaren hin zu den langsamer abbaubaren Fraktionen bestätigte sich im ersten Hauptnutzungsjahr 2008 nicht.

Literatur

- Escribano J., J. Cabanes, S. Chazarra, F. Garcia-Carmona 1997: Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. J. Agric. Food Chem. 45: 4209-4214.
- Licitra G., T.M. Hernandez, P.J. Van Soest 1996: S Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed. Sci. Technol. 57: 347-358.
- Sullivan M.L., R.D. Hatfield 2006: Polyphenol oxidase and o-diphenols inhibit postharvest proteolysis in red clover and alfalfa. Crop Science 46: 662-670.

Zur Veränderung der Proteinqualität im Zuwachsverlauf von Rotklee unter Einbeziehung der spezifischen Polyphenoloxidase-Aktivität

Manuel Krawutschke, Nina Weiher, Martin Gierus und Friedhelm Taube

Einleitung

Rotklee weist im Vergleich zu anderen Futterleguminosen wie z. B. Luzerne einen niedrigeren Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen am Gesamt-N auf. Dieser Sachverhalt wird häufig auf die Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität im Rotklee zurückgeführt (Jones et al. 1995). Allerdings wurde in den meisten Studien eine Wirkung der PPO unterstellt, obwohl eine Messung der Enzymaktivität nicht erfolgte. Bislang sind hierzu keine systematischen Untersuchungen vorhanden. Eine durch die PPO gesteigerte Proteinqualität ist jedoch im Hinblick auf die Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz beim Wiederkäuer von großem Interesse.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, die Veränderungen der spezifischen PPO-Aktivität sowie der Rohproteinfraktionen nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) während des Zuwachsverlaufes von Rotklee zu quantifizieren.

Material und Methoden

Der dieser Untersuchung zugrunde liegende Feldversuch befand sich auf den Versuchsflächen der Norddeutschen Pflanzenzucht in Hohenlieth. Im ersten Hauptnutzungsjahr 2008 wurde der Primär- und Sekundäraufwuchs von zwei Rotkleearten (Greif, Pirat) in etwa zweiwöchentlichem Abstand bis zum Erreichen bzw. Überschreiten des Ertragsmaximums beprobt. Für die Analyse der spezifischen PPO-Aktivität in Anlehnung an Escribano et al. (1997) wurde frisch beprobtes Blattmaterial bei -27 °C tiefgefroren. Nach der Ernte wurden die Qualitätsproben bei 58 °C getrocknet, auf 1 mm vermahlen und mittels Nah-Infrarot-Reflex-Spektroskopie die fünf Proteinfraktionen (A, B1, B2, B3, C) des CNCPS geschätzt. Die Referenzanalyse ausgewählter Proben erfolgte nach den Vorgaben von Licitra et al. (1996). Der N-Gehalt wurde mit dem C/N-Analyser vario MAX CN nach Dumas bestimmt. Zudem erfolgte die Erfassung des phänologischen Entwicklungsstadiums als Mean stage by count (MSC) und des Blatt/Gewichtsverhältnisses (BGV). Die Versuchsdaten wurden mit dem Statistikprogramm SAS 9.1 varianzanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigste Varianzursache für den Anteil der Fraktionen A, B1, B2, B3 und C am XP war der Faktor Termin, außer bei Fraktion A im Sekundäraufwuchs. Ein signifikanter Sorteneinfluss wurde nicht festgestellt. Im Frühjahrsaufwuchs variierte der Anteil der Fraktion A zwischen 94 und 235 g/kg am XP, wohingegen im Sekundäraufwuchs 145 bis 171 g/kg erreicht wurden. Die Fraktion B wies mit 648 bis 812 g/kg jeweils den größten Anteil am XP auf. Der Anteil der Fraktion B1 nahm im Primäraufwuchs von 161 auf 100 g/kg signifikant ab. Im Zuwachsverlauf kam es zu einer Reduzierung der Fraktion B2 und einem Anstieg der Fraktion B3. Fraktion C hatte in der Regel den geringsten Anteil am XP, wobei im zweiten Aufwuchs höhere Werte auftraten (Abb. 1).

Die spezifische PPO-Aktivität bezogen auf das BGV verringerte sich im Zuwachsverlauf beider Aufwüchse signifikant (Abb. 2). Obwohl im ersten Aufwuchs eine

zunehmende PPO-Aktivität bis zu einem Wert von etwa 2,0 IU/µg Protein/g TS eine Abnahme der Fraktion A bzw. einen Anstieg von Fraktion B1 bewirkten, führten höhere Enzymaktivitäten zu keinen weiteren positiven Wirkungen bei den entsprechenden Proteinfractionen. Vermutlich scheint die spezifische PPO-Aktivität bei der Veränderung der Proteinqualität von untergeordneter Bedeutung zu sein. Demgegenüber bestanden vor allem im Primäraufwuchs enge Beziehungen zwischen den Proteinfractionen und dem MSC sowie dem BGV. Der stärkste Zusammenhang wurde zwischen Fraktion A und dem BGV im Frühjahrsaufwuchs festgestellt ($R^2 = 0,88$; $P < 0,0001$; $RMSE = 19,78$). Hierbei handelt es sich um eine quadratische Funktion. Zudem hatte die Witterung in den meisten Fällen einen hochsignifikanten Einfluss auf den Anteil der Proteinfractionen am XP.

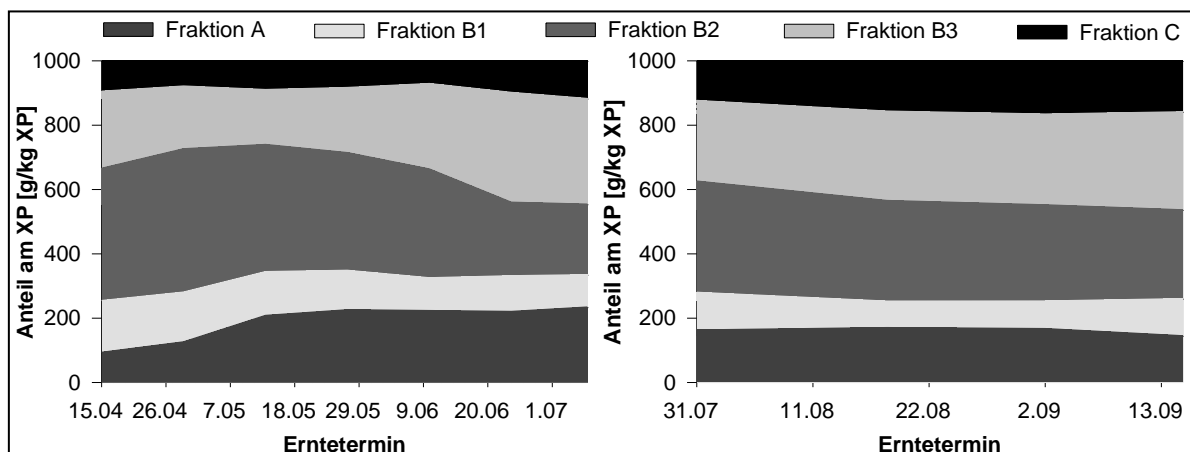


Abb. 1: Veränderung der Proteinfractionen im Primär- (links) und Sekundäraufwuchs (rechts) von Rotklee (Mittel über die Sorten)

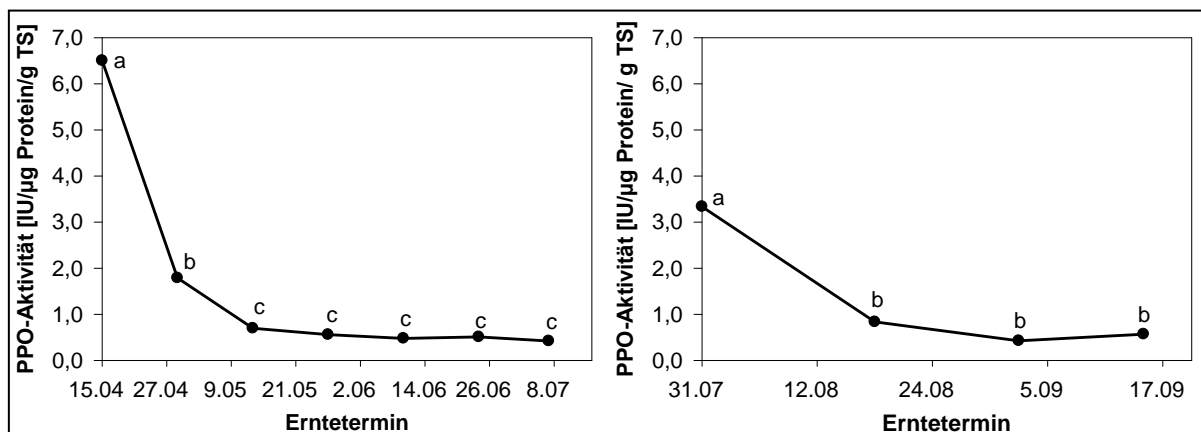


Abb. 2: Veränderung der spezifischen PPO-Aktivität bezogen auf das BGV im Primär- (links) und Sekundäraufwuchs (rechts) von Rotklee; a,b,c kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Terminen (Tukey-Test; $P < 0,05$)

Literatur

- Escribano J., J. Cabanes, S. Chazarra, F. Garcia-Carmona 1997: Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4209-4214.
- Jones B.A., R.E. Muck, R.D. Hatfield 1995: Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67: 329-333.
- Licitra G., T.M. Hernandez, P.J. Van Soest 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology* 57: 347-358.

Strategien optimierter Lichtinterzeption in Klee grasbeständen

Patrick Lind und Ulrich Köpke

Einleitung

Mit dem Ziel, Optimierungsstrategien hinsichtlich der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe aufzuzeigen (Frank et al. 2009), wurde der Ansatz einer Bestandesführung von Klee grasbeständen auf Grundlage optimierter Lichtinterzeption verfolgt.

Im pflanzenbaulichen Lehrbuch von Gardner et al. (1985) befindet sich eine Graphik (nach den Ergebnissen von Brougham 1956), aus der abgeleitet werden könnte, dass höherer und häufigerer Schnitt von Klee grasbeständen zu insgesamt höherer Produktivität führen könnte, als dies bei tiefem/seltenem Schnitt der Fall ist.

Hintergrund: Höherer Schnitt belässt dem Bestand mehr Restblattfläche (höherer Rest-BFI), die durch vergleichsweise höhere Lichtinterzeption als in den niedrigen Schnittvarianten schneller das Erreichen linearen Ertragszuwachses im Wiederaufwuchs bewirken könnte. Unbeeinträchtigt von der regelmäßigen Beerntung würde dem Bestand damit stets eine hinreichende Blattfläche für eine effiziente Photosynthese zur Verfügung stehen.

Material und Methoden

Im Zeitraum von Mai bis August 2009 wurden in einem Gefäßversuch unter Gewächshausbedingungen die Auswirkungen größerer Schnitthöhe und gesteigerter Schnittfrequenz (Faktorkombination: 2-wöchentlicher Schnitt auf 12 cm Schnitthöhe [2/12]; 4-wöchentlicher Schnitt auf 10 cm [4/10]; 6-wöchentlicher Schnitt auf 6 cm [6/6]) untersucht. Der Klee grasbestand war zu gleichen Teilen aus Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*) und Rotklee (*Trifolium pratense*) zusammengesetzt. Mitte März 2009 wurde mit einer Saatstärke von 1000 Samen m⁻² gesät. Eine Inokulation mit Rhizobien wurde zu Versuchsbeginn vorgenommen.

Bewässerung und Düngung wurden optimiert, so dass einzig das Sonnenlicht den primär wachstumslimitierenden Faktor darstellte. Seitliche Begrenzungen dienten der Gefäßtrennung und minimierten gleichzeitig den lateralen Einfall des Sonnenlichtes.

Untersuchte Parameter waren der fraktionierte kumulative Trockenmasseertrag, der Blattflächenindex (BFI) sowie der „Index der übrigen Assimilationsfläche“ (z. B. Stängel, Sprossachse). Beide Indices wurden nach Schnittnutzung zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst und dienten der mittelbaren Beschreibung der Lichtausnutzung durch den Bestand. Die Erfassung der Flächenindices erfolgte destruktiv mittels manueller Auftrennung der pflanzlichen Organe und der anschließenden Flächenbestimmung mit Hilfe eines *LI-3100C Area Meter*.

Ergebnisse und Diskussion

Wie Abb. 1A entnommen werden kann, wies die Variante 2/12 zwar gemäß der Hypothese stets den höchsten Restblattflächenindex nach Nutzung im Vergleich der Varianten auf, dennoch war die Produktivität des Neuaufwuchses nicht entscheidend gesteigert: Die Variante 2/12 erbrachte den geringsten kumulativen Trockenmasseertrag.

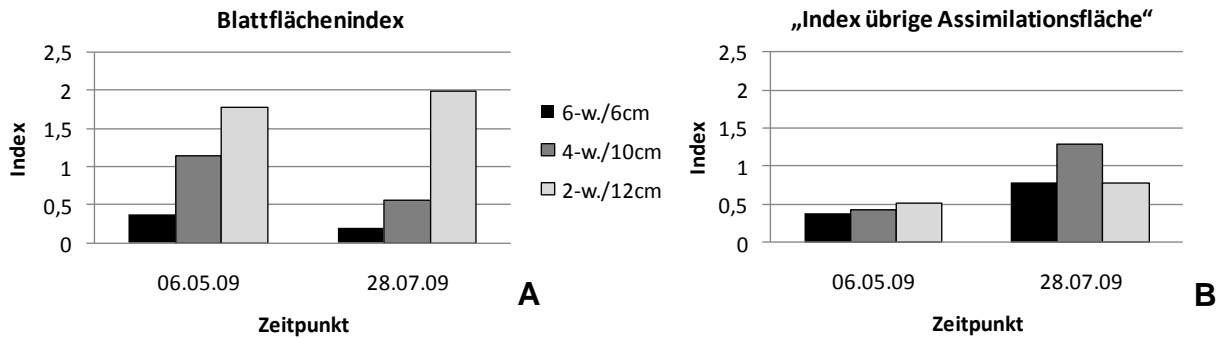


Abb. 1: Blattflächenindex [cm^2 Blattfläche cm^{-2} Bodenfläche] (A) sowie „Index der übrigen Assimilationsfläche“ [cm^2 Sprossoberfläche ohne Blatt cm^{-2} Bodenfläche] (B) der untersuchten Schnittregime nach Nutzung zu verschiedenen Zeitpunkten

Ursächlich dafür könnten sein: Die geringere photoassimilatorische Leistungsfähigkeit des der Variante 2/12 bei Nutzung belassenen Blatt- und Sprossgewebes, dessen Seneszenz sowie die geringere Auswirkung gebrochener Apikaldominanz in der Hochschnittvariante. Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass Brougham (1956) im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen nach Schnitt einen BFI von etwa 5 für die Hochschnittvariante ermittelte. Wie der Abbildung entnommen werden kann, erreichte der BFI der Variante 2/12 nach Nutzung zu beiden Untersuchungszeitpunkten lediglich Werte niedriger als 2 bzw. einen Gesamtflächenindex (Summe aus BFI und „Index der übrigen Assimilationsfläche“) kleiner als 3. Damit war die Lichtinterzeption des Bestandes zu Beginn des Wiederaufwuchses geringer als erwartet.

Unser Dank gilt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Förderung des Projektes.

Literatur

- Brougham R.W. 1956: Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research 7: 377-387
- H. Frank, J. Peter, U. Köpke, J. Plagge, G. Rahmann, O. Christen, K.-J. Hülsbergen 2009: Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft, Tagungsband, Braunschweig, 215 S.
- Gardner F.P., R.B. Pearce, R.L. Mitchell 1985: Physiology of Crop Plants. Iowa State Press, 327 S.

Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung von multispektralen Reflexionseigenschaften mittels UAV

Johanna Link-Dolezal*, Patrick Reidelstürz**, Simone Graeff-Hönninger* und Wilhelm Claupein*

Einleitung

Untersuchungen haben gezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen der spektralen Information und dem Zustand eines Pflanzenbestandes gibt (Belward und Valenzuela 1991; Mistele und Schmidhalter 2008). Solche Daten können bei einer sinnvollen Interpretation für das teilflächenspezifische Management eines Schlages eingesetzt werden. Ziel dieser Studie war, den Einsatz eines ferngesteuerten UAV (unmanned aerial vehicle) zur Erfassung von multispektralen Reflexionseigenschaften in Winterweizen zu untersuchen. Als UAV wurde ein herkömmliches Modellflugzeug für den vorhandenen Zweck umgebaut und mit einem Spektrometer ausgerüstet. Die Erfassung von multispektralen Reflexionseigenschaften mittels UAV zeigte, dass die Variabilität innerhalb des Schlages erfasst, aber nur ein schwacher Zusammenhang zu anderen Messwerten (wie dem Biomasseindex) ermittelt werden konnte. Längerfristiges Ziel ist, das UAV als modulare Plattform für Sensorsysteme im Bereich des Precision Farming zu installieren, weiter zu optimieren und so Fernerkundungsdaten zeitnah und flexibel für das teilflächenspezifische Management eines Schlages nutzen zu können.

Material und Methoden

Als UAV wurde ein herkömmliches Modellflugzeug mit 1,80 m Spannweite (E-Trainer Graupner) für den vorhandenen Zweck umgebaut (Abb. 1), um so die erforderliche Tragfähigkeit und Zuladung bewältigen zu können. Das UAV ist mit einem hochwertigen Elektroantrieb („brushless“, geringes Gewicht, Verschleißfreiheit, höchste Leistung) ausgerüstet. Das UAV wurde mit Lithium-Polymer-Akkus angetrieben, die mittels Einzelzellenüberwachung gegenüber Über- und Unterladung geschützt wurden. Das verwendete Spektrometer (MMS 1 enhanced, Tec5) erfasst über einen optischen Eingang den Spektralbereich von 400 – 1100 nm. Die spektrale Auflösung ist mit 256 Pixel sehr hoch, sodass detaillierte Informationen über die Reflexion und Adsorption der Einstrahlung im sichtbaren Wellenlängenspektrum des Pflanzenbestandes ermöglicht werden. Der Sensor eignet sich auch aufgrund der geringen Größe und einem Gewicht von ca. 500 g für den Einsatz im UAV.

Neben der Ertragskartierung wurden flächendeckende FieldScan-Messungen zur Erfassung der Reflexion und Erhebungen des Biomasseindex (N-Sensor, Yara, Dülmen) als Bewertungsgrundlage für die Variabilität innerhalb des Bestandes herangezogen. Die spektrale Information und die entsprechende räumliche Position des UAV wurden während des Überfluges mit einem mit GPS ausgerüsteten PDA (Pocket loox, Fujitsu Siemens) aufgezeichnet. Die simultane Erfassung dieser Messwerte ermöglichte eine Lokalisierung und räumliche Darstellung der Messwerte. So konnten die aus dem Überflug gewonnenen Daten mit weiteren, georeferenzierten Messdaten des überflogenen Pflanzenbestandes in ArcGIS verschnitten und abgeglichen und somit hinsichtlich ihres Informationsgehaltes bewertet werden. Für die Auswertung der Daten wurde der Schlag virtuell in sog. Grids von 12 x 36 m unterteilt.

* Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

** FH Deggendorf, Technologie Campus Freyung, Grafenauer Str. 22, 94078 Freyung

Ergebnisse und Diskussion

Über den Einsatz des MMS 1 konnte in Abhängigkeit der ausgewählten Wellenlänge die existierende Variabilität im Pflanzenbestand erfasst werden. Die Reflexionsmessungen mittels FieldScan ergaben eine schlaginterne Variabilität des Biomasseindexes von 9,1 %, wohingegen über die Messungen mit dem MMS 1 (450 nm) eine Variabilität von bis zu 31,1 % ermittelt wurde. Die Grid-basierten Mittelwerte im untersuchten Schlag ergaben für den Messtermin um BBCH 32 ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,21$ zwischen FieldScan- und MMS 1-Messungen (Abb. 1). Es bleibt abzuwarten, ob sich diese große Variabilität der Biomasse auch hinsichtlich des Kornertrags zeigen wird.

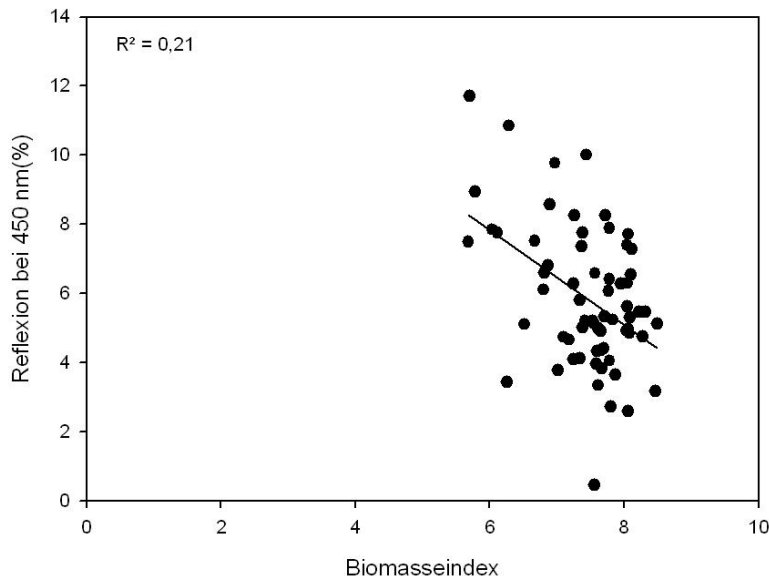


Abb. 1: Zusammenhang (R^2) zwischen den gridbasierten Mittelwerten des Biomasseindex zum Zeitpunkt BBCH 32 und der Reflexion (450 nm)

Während die ersten Ergebnisse zeigen, dass ein UAV als Plattform für Spektrometermessungen ein geeignetes Mittel für schnelle, zeitnahe Datenerfassung scheint, ist hinsichtlich der Datenaufbereitung und Datenautomatisierung noch ein großes Potenzial zur Optimierung des Systems vorhanden.

Längerfristiges Ziel dieser Forschungsarbeit ist, das UAV als modulare Plattform für Sensorsysteme fest im Bereich des Precision Farming zu installieren, weiter zu optimieren und so Fernerkundungsdaten zeitnah, flexibel und kostengünstig für das teilflächenspezifische Management eines Schlages nutzen zu können. Ein wesentlicher Beitrag zum Gelingen dieses Vorhabens wird durch die Zusammenarbeit mit dem neuen „Kompetenzzentrum für Sensoren und Geoinformationssysteme (SenGIS)“ an der Universität Hohenheim erwartet (<https://sengis.uni-hohenheim.de>).

Literatur

- Belward A.S., Valenzuela C.R. 1991: Spectral characteristics of vegetation, soil and water in the visible, near-infrared and middle-infrared wavelengths. In: Belward A.S., Valenzuela C.R. Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries. Kluwer Academic Publisher, p. 31-52.
- Mistele B., Schmidhalter U. 2008: Spectral measurements of the total aerial N and biomass dry weight in maize using a quadrilateral-view optic. *Field Crops Res.* 106: 94-103.

NIR-spektroskopische Untersuchung von Rapsöl und Rapssaat zur Qualitätssicherung bei der Biokraftstoffproduktion

Bettina Biskupek-Korell und Gordon Pfeiffer

Einleitung

Zur Verwendung von Pflanzenölen in pflanzenöläuglichen Motoren ist die Einhaltung gewisser Qualitätsparameter notwendig, um Beschädigungen am Motor zu vermeiden sowie schädliche Emissionen zu verringern. Diese Qualitätsparameter wurden im Juli 2006 in der Vornorm DIN V 51605 für Rapsölkraftstoffe festgelegt. Die Einhaltung der Norm ist Voraussetzung für eine Steuerbegünstigung bei der Energiesteuer für Rapsöl als Biokraftstoff (Remmele 2007). Während die Einhaltung der Norm in großen industriellen Ölmühlen seltener ein Problem darstellt, ist die Einhaltung in dezentralen Ölmühlen schwieriger. Hier ist durch die fehlende Raffination eine Beeinflussung der meisten Parameter nach dem Pressen nicht möglich. Daher spielen hier Rohstoffqualität und Prozessüberwachung eine entscheidende Rolle (Remmele 2007).

Die dafür notwendigen Analysen werden bisher nasschemisch durchgeführt. Dies verursacht jedoch hohe Kosten und es wird relativ viel Zeit benötigt. An diesem Punkt setzt dieses durch die FNR finanzierte Projekt an. Mittels spektroskopischer Methoden sollen die wichtigsten Qualitätsparameter von Rapssaat, Rapsölkraftstoff und Presskuchen bestimmt werden. Damit können die bisherigen Analysen nicht vollständig ersetzt werden, jedoch kann die Analysenfrequenz erhöht werden und durch die schnelle Ergebnisausgabe kann eine zeitnahe Qualitätssicherung bzw. Prozessoptimierung erfolgen.

Material und Methoden

Ein großer Teil der Rapsölproben wurde durch das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing beschafft, zum Teil wurde wie beim Rapserntegut eine eigene Akquisition betrieben. Die Referenzanalysen wurden durch die LUFA Nord-West in Hameln, die Fa. PetroLab in Speyer und auch im eigenen Hause durchgeführt. Die Referenzmethoden zur Bestimmung der Parameter im Öl sind durch die DIN V 51605 vorgegeben. Die Eigenschaften Calcium-, Magnesium-, Schwefelgehalt und Gesamtverschmutzung werden mangels Machbarkeit nicht mehr untersucht. Die bestimmten Parameter in Rapssaat sind Gesamtfett, Feuchtigkeit, Säurezahl und Glucosinolate (in Arbeit).

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Referenzanalysen dargestellt, welche zur Kalibrationserstellung verwendet wurden. Besonders beim Phosphor wurde die Bandbreite durch Pressversuche an der FHH stark erweitert.

Tab. 1: Beschaffenheit der verwendeten Rapsöle

Parameter	Einheit	Min.	Max.	Bandbreite
Säurezahl	mg KOH/g	0,09	5,58	5,49
Oxidationsstabilität	h/110°C	0,2	16,2	16,0
Phosphorgehalt	mg/kg	0,5	899	898,5
Wassergehalt	%(m/m)	0,02	0,20	0,18

Die Ergebnisse der Kreuzvalidationen (Tab. 2) sind besonders für die Parameter Säurezahl und Phosphorgehalt als gut zu bezeichnen. Der RMSECV (mittlerer Fehler der Kreuzvalidation, Conzen 2005) ist bei der Säurezahl durch erneute Titrationsen noch zu reduzieren, da die DIN V 51605 eine Vergleichbarkeit R von maximal 0,06 mg KOH/g vorgibt. Auch beim Phosphor ist der Wert von ca. 20 ppm noch als zu hoch zu bewerten und weiter zu verringern.

Tab. 2: Ergebnisse der Kreuzvalidationen

Parameter		gesamter Probensatz Rapsöle
Säurezahl [mg KOH/g]	Rang	10
	R ²	93,6
	RMSECV	0,18
	Anzahl	504
Oxidationsstabilität [h/110°C]	Rang	14
	R ²	67,0
	RMSECV	0,77
	Anzahl	335
Phosphorgehalt [mg/kg]	Rang	13
	R ²	95,7
	RMSECV	20,50
	Anzahl	199
Wassergehalt [wt-%]	Rang	8
	R ²	65,2
	RMSECV	0,007
	Anzahl	287

Die Schätzmethode für Oxidationsstabilität und Wassergehalt im Öl wirken durch das niedrige R² schlechter als sie sind. Dies liegt unter anderem an der ungünstigen Verteilung der Referenzwerte. Die untersuchten Oxidationsstabilitäten bewegen sich in ihrer Majorität um den Mittelwert ca. 7,5 h/110°C. Wichtig wäre hier die Ergänzung des Probensets um niedrigere und höhere Werte (durch Öl aus Holli-Rapssorten). Die Vergleichbarkeit R der Referenzmethode beträgt 1,79 h/110°C, wohingegen der RMSECV nur 0,77 beträgt (der RMSECV dient dazu, die Präzision der spektroskopischen Methode ins Verhältnis zur Referenzmethode zu setzen durch Vergleich mit R). Der RMSECV bei der Wassergehaltsschätzung ist um den Faktor 2,6 geringer als die Vergleichbarkeit R der Referenzmethode (0,018 wt-%) und weist damit trotz des R² von 65,2 eine gute Präzision auf. Hier hat das Hinzufügen nicht entschleimter Rapsöle mit hohem Wassergehalt positiv auf das Schätzergebnis gewirkt. Methoden für Presskuchen und Saat bezüglich des Glucosinolatgehaltes werden noch erarbeitet.

Literatur

- Conzen J.-P. 2005: Multivariate Kalibration - Ein praktischer Leitfadens zur Methodenentwicklung in der quantitativen Analytik. 4. neu bearbeitete Auflage. Bruker Optik GmbH.
- Remmele E. 2007: Handbuch - Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Roberts C.A., Workman J., Reeves J., James B. 2004: Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture. Madison, American Society of Agronomy.
- Wilharm T. 2007: Pflanzenölkraftstoff: Qualitätssicherung anhand der Norm DIN V 51605. Tagungsband - Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenölkraftstoffen. Hürth: nova-Verlag
- Williams P., Norris K. 2001: Near-Infrared-Technology in the Agricultural and Food Industries. 2. Auflage, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.

Biogasbildung und Abbauverhalten von pflanzlicher Biomasse und Inhaltsstoffen während eines Gäransatzes mit Maissilage

Frank Höppner

Einleitung

Die Wirtschaftlichkeit von landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurde durch eine Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2004 verbessert, welches zu einem raschen Ausbau der Anlagenkapazitäten und zu einem verstärkten Pflanzenanbau für diesen Sektor führte. Als eine C₄-Pflanze ist der Silomais gekennzeichnet durch eine hohe Wüchsigkeit unter wärmeren Bedingungen und hat als Biogaspflanze insbesondere bei NaWaRo-Anlagen eine tragende Funktion (FNR 2009). Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Zusammensetzung des Gärrestes von Maissilagen während eines Gäransatzes untersucht sowie geprüft, ob Unterschiede im Trockenmassegehalt des Erntegutes (verschiedene Erntezeitpunkte) zu einem veränderten Abbauverhalten führen.

Material und Methoden

Die Vergärung der Maissilagen zu Biogas und Methan erfolgte in 20 l Getränkefässern der Firma Speidel, die während eines Gärtestes von 35 Tagen in einem konstant temperierten Wasserbad von 40 °C standen. An der Öffnung wurde eine „Stopfen-Schlauch-Dreiwegehahnkombination“ angebracht, an welcher mittels einer Vakuumpumpe evakuierte 40 l bzw. 20 l Gassammelbeutel der Firma Tesseraux befestigt wurden. Zum Wechsel der Gassammelbeutel konnte der Biogasaustritt somit verlustfrei unterbrochen werden. Die Fässer waren mit 15 kg Impfschlamm (mesophil, Kläranlage Gifhorn, oTS: 1,28) gefüllt. Darin befand sich das in Nylonbeutel (Nylon bags, pore size 53+10 µm) gefüllte Maissilagensubstrat. Die Substratmenge wurde mit der Formel $\frac{oTS_{\text{Substrat}} \times \text{Einwaage}_{\text{Substrat}}}{oTS_{\text{Impfschlamm}} \times \text{Einwaage}_{\text{Impfschlamm}}} \leq 0,5$ berechnet. Aus dem 5 l großen Kopfraum wurde die Luft unter Verwendung von inertem N₂ vertrieben. Anschließend wurde das Gefäß luftdicht verschlossen. Zur Erfassung des Blindwertes wurden ausschließlich mit Impfschlamm gefüllte Gefäße angesetzt. Als Substrat kamen zwei verschiedene Maissilagen der Sorte Agro Gas (S 280, Ernte 1: 27.08.2008, 26,9 % TS; Ernte 2: 18.09.2008, 37,4 % TS) zum Einsatz. Die entstehende Biogasmenge wurde nach 2, 3, 4, 7, 11, 16, 25 und 35 Tagen mit einem Ritter Trommelgaszähler erfasst. Mit einem Dräger X-am 7000 Gasmessgerät konnten die Volumenprozentanteile an Methan, CO₂ und H₂S bestimmt werden. An gleichen Tagen der Gasmessung fand die Entnahme von Nylonbeuteln (mindestens 2 Wiederholungen) mit ihrem enthaltenen Gärrest statt. Die Nylonbeutel wurden gewaschen und anschließend bei 60 °C bis zu Gewichtskonstanz getrocknet, danach gewogen und der Gärrest mit einer Mikro-Feinmühle-Culatti, Siebgröße 1 mm, vermahlen. Bestimmt wurden u. a. die Inhaltsstoffe Stärke, Kohlenstoff, ADF, NDF und Rohfaser. Die Berechnung der Biogas- und Methanausbeute erfolgte nach VDI 4630-Vergärung organischer Stoffe. Da die flüchtigen Bestandteile bei der Trockenmassebestimmung verloren gehen, muss für Silagen die TS bzw. oTS korrigiert werden. Verwendet wurde die Korrekturformel für Maissilagen nach Weißbach und Kuhla (1995).

Ergebnisse und Diskussion

Während des Gäransatzes stiegen die Biogas- und Methanausbeuten beider Maissilagen vom 2. bis zum 35. Tag an (Tab. 1). Der später geerntete Mais erzielte im Vergleich zum früher geernteten in den ersten 4 Tagen zwar geringere kumulierte Zuwächse, doch konnte er diese danach durch höhere Anstiege noch kompensieren. Am Ende lagen beide Silagen in ihren Ausbeuten nahezu gleich hoch. Entsprechend dazu verlief der Abbau der Trockenmasse. Am 35. Tag erlangten beide Gäransätze Abbauraten von gut 87 % (Tab. 1). Das strukturarme Polysaccharid Stärke ist eine leicht anaerob abbaubare Stoffgruppe, welche innerhalb der ersten 11 Tage des Gäransatzes schon umgesetzt war. Bei beiden Messparametern setzte der Abbauprozess mit der späteren Ernte zunächst langsamer ein, welches sich auch in den Biogas- und Methanausbeuten abbildet. Die Zellwandgerüstsubstanzen Hemicellulose und Cellulose gehören zur mittelmäßig bzw. schwer anaerob abbaubaren Stoffgruppe und wurden nicht komplett zersetzt. Bei dem späteren Erntetermin verzeichneten sie einen um 2 bzw. 6 % geringeren Abbaugrad. Ähnlich ordnete sich die Rohfaser ein, die allerdings anfänglich nicht umgesetzt wurde und höhere Abbaugrade erst ab dem 16. Gäransatztag erreichte. Der mit der späteren Ernte geringere Abbaugrad der Faserstoffe hängt mit der stärkeren Lignifizierung zusammen. Da jedoch die Stärke in der Silage vom früheren zum späteren Erntetermin dagegen von 22,5 % auf 35,9 % stark zulegte und diese komplett umgesetzt wurde, gab es letztendlich keine Unterschiede in den Biogas- und Methanausbeuten zu beobachten.

Tab. 1: Kumulierte Biogas- und Methanausbeute sowie Abbaurate von Trockenmasse und verschiedener Inhaltsstoffe von Maissilagen der Sorte Agro Gas in Abhängigkeit der Tage nach Gäransatz zu zwei verschiedenen Erntezeitpunkten

Tag nach Gäransatz	TM (%)	Stärke (%)	Hemicellulose (%)	Cellulose (%)	Rohfaser (%)	Biogas In/kg oTS	Methan In/kg oTS
Ernte 1: 27.08.2008							
2	41,4	75,4	14,5	2,4	0,0	191	78
3	43,6	82,5	14,2	5,2	0,0	256	120
4	49,0	85,6	22,8	11,4	3,7	311	157
7	56,7	98,1	35,5	21,7	14,5	470	218
11	64,4	100,0	47,3	33,3	26,9	516	275
16	71,9	100,0	60,8	50,5	45,0	599	322
25	80,8	100,0	78,9	73,3	70,6	714	385
35	87,1	100,0	87,2	86,1	84,6	783	423
Ernte 2: 18.09.2008							
2	36,1	57,0	18,6	5,1	0,0	147	41
3	40,3	51,5	22,5	9,5	3,2	196	71
4	48,5	73,0	30,2	11,3	3,8	247	100
7	56,3	93,7	39,0	16,6	9,0	376	174
11	66,0	100,0	50,2	25,7	19,8	496	246
16	68,9	100,0	58,2	39,4	33,0	594	308
25	78,0	100,0	73,4	62,8	58,1	713	377
35	87,7	100,0	85,5	80,0	77,2	775	410

Literatur

- FNR 2009: Biogas – eine Einführung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), 6. Aufl., Gülzow.
- Weißbach F., S. Kuhl 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter. Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers Tierernähr 23: 189-214

Evaluierung eines Sortimentes von Sorghum (*S. bicolor*, *S. sudanense*) zur Biogasgewinnung

Michael Gaudchau und Bernd Honermeier

Einleitung

Sorghum bicolor L. Moench ist eine trockentolerante C4-Pflanze mit hohen Wärmeansprüchen, die zukünftig auch unter mitteleuropäischen Bedingungen als Futter- oder Energiepflanze eine Rolle spielen kann. Sorghum könnte dabei insbesondere als Zweitfrucht oder auf Standorten mit geringerer Wasserversorgung eine gewisse Anbaubedeutung erlangen. Für die Nutzung der ganzen Pflanze werden neben der Sorghumhirse (*S. bicolor*) vor allem Sudangras (*S. sudanense*), Sudangras-Hybriden (*S. sudanense* x *S. sudanense*) oder Bastarde aus Sorghumhirse und Sudangras (*S. bicolor* x *S. sudanense*) verwendet (Zeller 2000), woraus sich große Unterschiede in morphologischen, agronomischen und Qualitätsmerkmalen ableiten lassen. Das Ziel der Untersuchungen bestand deshalb darin, die Leistungsfähigkeit eines Sortimentes von Sorghum (*S. bicolor*, *S. sudanense*) im Hinblick auf die Nutzung als Energiepflanze (Biogas) zu prüfen.

Material und Methoden

Im Jahr 2009 wurden auf jeweils einem Sandboden (Versuchsstation Groß-Gerau, uS) und auf einem Lehmboden (Versuchsstation Gießen, uL) einfaktorielle Feldversuche durchgeführt. Beide Versuchsstandorte wiesen eine normale P- und K-Versorgung (Versorgungsstufe C) auf. In Anlehnung an die jeweiligen N_{\min} -Werte erfolgte an beiden Standorten zur Aussaat eine einmalige N-Gabe von 120 kg N/ha (Groß-Gerau als ASS, Gießen als KAS). Die Aussaat erfolgte in Groß-Gerau am 19.5.2009 und in Gießen am 20.5.2009. Die Bestandesdichte betrug nach Vereinzeln einheitlich 25 Pflanzen/m². Zur Beseitigung von Ungräsern und Unkräutern wurde in Groß-Gerau Gardo Gold (Terbuthylazin + S-Metolachlor) im Nachauflauf mit 3,5 l/ha und in Gießen ebenfalls Gardo Gold mit 3,0 l + Bromotril mit 0,5 l eingesetzt. Die Beerntung der Versuche erfolgte in Groß-Gerau am 24.9.2009 und in Gießen am 8.10.2009. Geprüft wurden an beiden Standorten insgesamt 14 Sorten und zusätzlich eine Maissorte. Als Prüfmerkmale wurden erfasst: Entwicklungsverlauf, Wuchshöhe, Biomassertrag, TS-Gehalt, Biogasausbeute und Inhaltsstoffe (NIRS). Die Biogasmessungen wurden in Kleinfärmentern mit 20 l Fassungsvermögen im mesophilen Bereich bei einer Fermentationsdauer von 21 Tagen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

An beiden Standorten konnten zum Termin des Fahnenschiebens bzw. der Blüte deutliche Entwicklungsunterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden. Diese sortenspezifischen Unterschiede waren bis zum Erntetermin vorhanden. Die Erträge an Biomasse lagen am Standort Groß-Gerau in der Spannweite von 151,7 dt TM/ha („*Bovital*“) bis 226,5 dt TM/ha („*Cerberus*“) und am Standort Gießen von 119 dt TM/ha („*Silage King*“) bis 191,1 dt TM/ha („*Goliath*“) (s. Abb. 1). Die höheren Biomasseerträge in Groß-Gerau werden auf die zusätzliche Wasserversorgung in Kombination mit höheren Lufttemperaturen zurückgeführt.

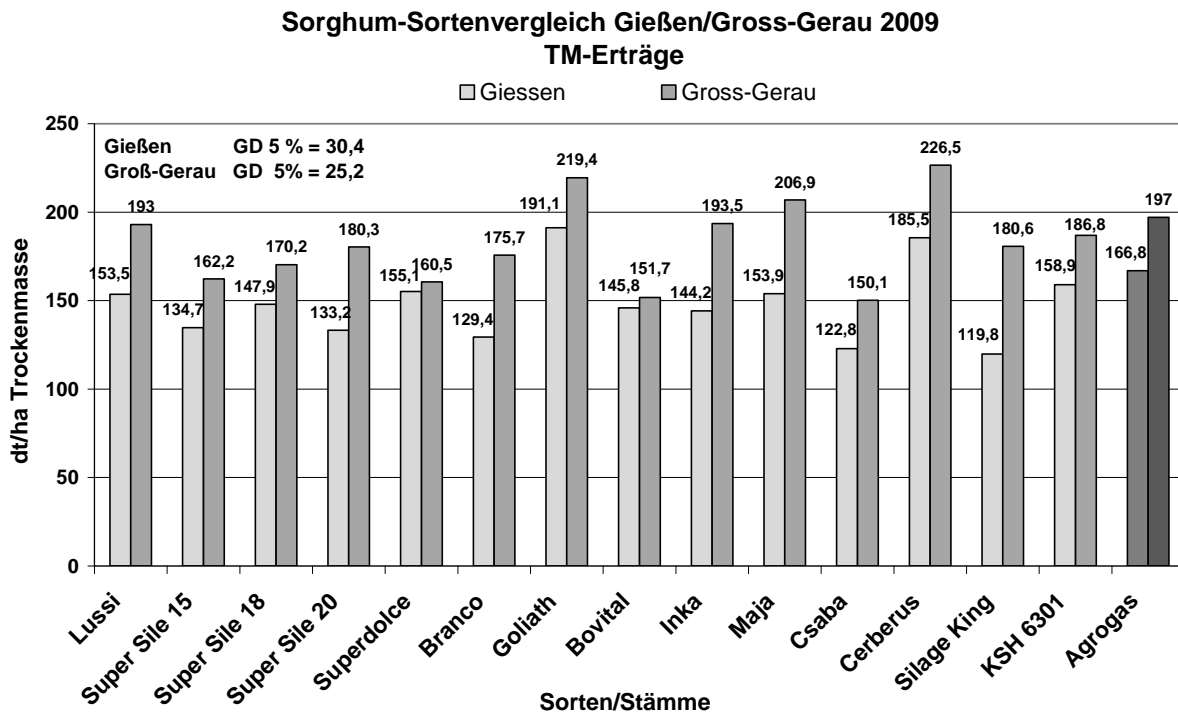


Abb. 1: Trockenmasseerträge (in dt TM/ha) von unterschiedlichen Sorghumsorten, Feldversuche Groß-Gerau und Gießen 2009

Die Maissorte *Agrogas* (S 280) nahm im Vergleich zu den Sorghum-Sorten an beiden Standorten eine Mittelstellung ein. Auch bei den TS-Gehalten liegen die Werte am Standort Groß-Gerau durchweg über den Vergleichswerten in Gießen, was auf die höhere Temperatursumme dieses Standortes zurückgeführt wird. Die Sorte „*Maja*“ (*S. bicolor* x *S. bicolor*) erreichte mit 31,7 % TM (Gießen) und 32,3 % TM (Groß-Gerau) die höchsten Werte und lag damit über der Maissorte „*Agrogas*“. Bei den weiteren Sorghumsorten variierten die TM-Gehalte zwischen 20,5 % (Gießen) und 22,2 % (Groß-Gerau) sowie zwischen 28,6 % (Gießen) und 29,7 % (Groß-Gerau). Bei den NIRS-Werten fallen besonders die sortenspezifisch stark unterschiedlichen Zuckerkonzentrationen auf, die von minimal 8,4 % (Sorte „*Lussi*“) bis maximal 24,7 % (Sorte „*Branco*“) variieren (Daten hier nicht dargestellt). Die Biogas-Ausbeute lag in einer Spanne von 540 bis 590 nL/kg oTS (Daten hier nicht dargestellt).

Die sortenspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Zuckerkonzentration und der Biogasausbeute können zum Teil auf die Biomassestruktur (Verhältnis von Haupttrieb, Seitentrieben, Blättern und Fruchtstand) zurückgeführt werden. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse, dass neuere Sorghumsorten eine mit Mais vergleichbare Biomasseproduktion und Biogasausbeute aufweisen und die Palette der Pflanzenarten zur Nutzung in Biogasanlagen erweitern können.

Literatur

Zeller F. J. 2000: Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* L. Moench): Nutzung, Genetik, Züchtung. Die Bodenkultur 51(1):71-85.

Biogasproduktion von ausgewählten Nutzpflanzen der *Brassicaceae*

Bettina Leschhorn und Bernd Honermeier

Einleitung

Pflanzen, die zur Familie der *Brassicaceae* gehören, enthalten in der Sprossmasse Glukosinolate (GSL), die in Abhängigkeit von der Pflanzenart in unterschiedlicher Konzentration und Zusammensetzung vorkommen. Bei einer Zerstörung des Gewebes werden die GSL durch das Enzym Myrosinase gespalten, wonach hauptsächlich Nitrile und Isothiocyanate (ITC) entstehen können (Fenwick und Heaney 1983). ITC-Verbindungen enthalten mindestens ein Schwefelatom und werden zum Teil als antimikrobiell bewertet. Untersuchungen zur Wirkung dieser Verbindungen auf die Methanogenese wurden bislang kaum durchgeführt. Das Ziel der Untersuchungen bestand deshalb darin zu klären, ob durch GSL- bzw. ITC-haltige Pflanzen, die als Kofermente in einem Biogasreaktor eingesetzt werden, inhibierende Effekte auf die Biogas- bzw. Methanbildung auftreten.

Material und Methoden

Im Jahr 2009 wurde am Standort Groß-Gerau ein Feldversuch mit 5 Kohlarten (Weiß-, Rotkohl, Wirsing, Markstammkohl und Kohlrübe) à 2 Sorten in vierfacher Wiederholung durchgeführt (10 Prüfglieder). Von jeder Parzelle (12,5 m²) wurden Proben der Sprosssteile bzw. der gesamten Pflanze (Kohlrübe) entnommen. Die Proben wurden gehäckselt, eingefroren und bei -20°C gelagert bzw. in 2l-Einmachgläsern siliert. In zwei unabhängigen Batchversuchen mit Laborfermentern wurden je 300 g FM zu 16 kg Rindergülle eingefüllt. Es erfolgten zwei Versuchsdurchläufe (Versuchsdauer je 17 Tage): 1. mit Proben, die bei -20°C gelagert wurden und 2. mit silierten Proben (je 4 Wiederholungen). In beiden Versuchen wurde als Kontrolle eine Maismischprobe (42,8 % oTM) in zweifacher Wiederholung mitgeführt. Daneben wurden vier Behälter ausschließlich mit Gülle befüllt und in die Messungen einbezogen. Die Behälter standen im Wasserbad bei 35°C und wurden alle 15 Min. automatisch gerührt. Gemessen wurde die gesamte Biogasbildung in Liter mit einem Gasometer sowie der Methan- und der Schwefelwasserstoffgehalt mit den Analysegeräten GS IRM 100 bzw. GS 2900 M nach 2, 4, 7, 11 und 17 Tagen ab Versuchsbeginn. Verrechnet wurden die Daten mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse. Zudem wurde die Grenzdifferenz mit $\alpha=5$ % berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anteil an organischer Trockenmasse (oTM) variierte bei den Kohlarten von 8,6 % bis 13,8 %, während der Mais einen hohen Anteil an oTM von 42,8 % besaß. Der Methangehalt lag bei den gefrorenen Proben bei 56,2 %, während die silierten Proben (hier nicht dargestellt) einen Methangehalt von 55,7 % erreichten. Der niedrigste Methananteil (55,3 %) ist bei gefrorenen Proben des Markstammkohls (Sorte Camaro) zu finden, während die Maisprobe mit 58,6 % den höchsten Methangehalt aufwies.

Die Biogasausbeute zum Versuchsende lag im Versuch 1 (tiefgekühlte Proben) zwischen 362 und 553 Normliter (L_n) Biogas / kg oTM (s. Abb. 1). Die höchste

Biogasausbeute (Versuch mit gefrorenen Proben) wurde mit dem Weißkohl Bartolo mit 579 L_n/ kg oTM erzielt. Die niedrigsten Biogaserträge wurden in diesem Versuch mit dem Markstammkohl, Sorte Grüner Angeliter, mit 344 L_n/ kg oTM erreicht. Der Mais liegt mit einem Biogasertrag von 443 L_n/ kg oTM im mittleren Bereich der untersuchten Proben und unterscheidet sich nicht signifikant von den anderen Arten (s. Abb. 1).

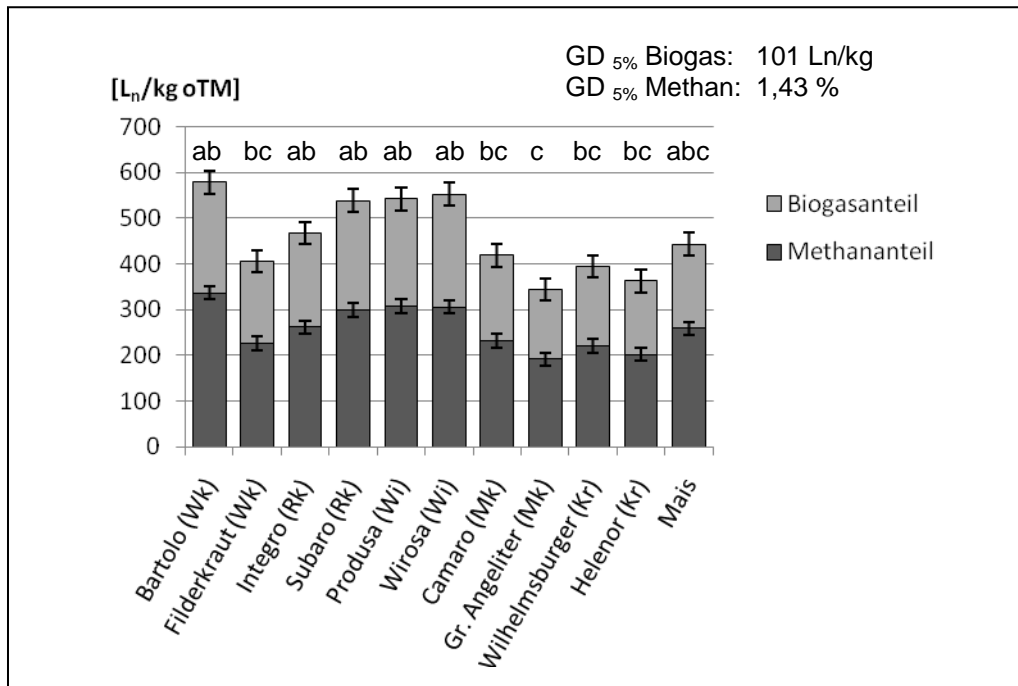


Abb. 1: Biogasproduktion von ausgewählten Kohlarten im Vergleich mit Mais nach 17 Tagen in einem Batchversuch. Proben aus einem Feldversuch in Groß-Gerau im Jahr 2009 (Lagerung der Proben bei -20°C)

Der Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases lag im Mittel bei 237 ppm / kg oTM bei einer Schwankung der Werte zwischen 138 und 332 ppm / kg oTM. Zwischen den Arten bzw. Sorten bestanden hinsichtlich der Schwefelwasserstoffgehalte keine signifikanten Unterschiede. Auch die silierten Proben produzierten mit 249 ppm / kg oTM nur unwesentlich mehr Schwefelwasserstoff. Bei jeder Messung blieb der Schwefelwasserstoffgehalt weit unter dem Grenzwert von 5000 ppm.

Während der Versuchsdurchführung wurden zwischen den Kohlarten und Mais leichte Unterschiede in der Dynamik der Biogasbildung beobachtet. Während bei den Kohlarten die Biogasbildungsrate nach einem sehr frühen Maximum nach zwei Versuchstagen bereits stark nachlässt, war beim Mais auch nach dem Maximum der Biogasbildung nach zwei Tagen noch eine verhältnismäßig hohe Biogasbildungsrate zu beobachten. Insgesamt kann festgestellt werden, dass aus den durchgeführten Versuchen keine inhibierende Wirkung von Kohlarten für die Biogasproduktion abgeleitet werden kann. Zwischen den Arten traten jedoch erhebliche Unterschiede auf, deren Ursachen in weiteren Untersuchungen aufzuklären sind.

Literatur

Fenwick G. R., R.K. Heane 1983: Glucosinolates and their Breakdown Products in Cruciferous Crops, Foods and Feedingstuffs. Food Chemistry 11: 249-271.

Designerbrennstoffe auf Basis von halmgut- und holzartigen Biomassen

M. Rampérez*, C. Fuhs*, Michael Müller** und Ralf Pude*

Einleitung

Der Anbau der zur Familie der Graminae gehörenden Gattung *Miscanthus* ist im Zeitraum zwischen 2001 und 2008 von ca. 180 ha auf über 1.300 ha angestiegen [1]. Seit 2008 ist laut Rhizomfachhändlern die Anbaufläche auf geschätzte 2.500-3.000 ha angewachsen. Die zum überwiegenden Teil angebaute Herkunft *Miscanthus x giganteus* wird in den meisten Fällen energetisch genutzt.

Im Rahmen des aus EU-Mitteln finanzierten Regionalen 2010-Projektes „agrohort energy“ wird ein Vergleich der unterschiedlichen *Miscanthus*-Herkünfte, Switchgrass, Kurzumtriebsplantagen mit Pappel, Weide, Paulownia und außerdem dem regional verfügbaren Rodungsholz von Obstbäumen durchgeführt. Zudem werden pflanzenbauliche und technische Unterschiede zwischen verschiedenen Herkünften und Sorten hinsichtlich energetischer Nutzung ermittelt. Ferner wird versucht, den Einfluss dieser Parameter auf die Pelletierbarkeit und Verbrennung der Großgräser und Hölzer zu identifizieren. Dadurch lassen sich die vielversprechendsten *Miscanthus*-Herkünfte im Vergleich mit Switchgrass und eine Alternative zum hauptsächlich angebauten massenwüchsigen Klon *Miscanthus x giganteus* aufzeigen. Darüber hinaus wirkt sich der Anbau der neuen Sorten positiv auf die genetische Variabilität aus. Dies kann sich beim möglichen Auftreten von Krankheiten und Schädlingen positiv auswirken und den Schaden begrenzen [2].

Material und Methoden

2008 wurden in einem überjährigen Feldversuch am Campus Klein-Altendorf bei Rheinbach 19 verschiedene *Miscanthus*-Herkünfte/Sorten und eine Switchgrass-Sorte mit jeweils vier Wiederholungen angebaut. Darunter befinden sich 13 verschiedene *Miscanthus sinensis*-, eine *Miscanthus x giganteus*-Herkunft, vier verschiedene Amuri-Sorten und eine Nagara-Sorte. Die Pflanzen wurden in der Vegetationsperiode 2009/10 auf verschiedene Wuchseigenschaften untersucht und im April 2010 mit einem einreihigen Maishäcksler beerntet. Vorgesehen ist eine Zerkleinerung der Materialien und Weiterverarbeitung zu Pellets. Diese werden ebenfalls hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften analysiert.

In Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich wurden jeweils drei verschiedene *Miscanthus sinensis*- und *x giganteus*-Herkünfte und eine Robustus-Herkunft aus einem Vorversuch auf ihre Zusammensetzungen und Ascheeigenschaften untersucht. Das Agglomerationsverhalten wurde mittels Hochtemperatur-Viskosimeters ermittelt. Zur Schmelzpunktanalyse diente ein Hochtemperatur-Mikroskop, und durch die Methode der Differenzthermoanalyse / Thermogravimetrie fand eine Untersuchung auf endo- und exotherme, physikalische Umwandlungen und chemische Reaktionen statt.

* Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe der Universität Bonn, Campus Klein-Altendorf 2, 53359 Rheinbach

** Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1 werden die wichtigsten ermittelten Schmelztemperaturen aus der Erhitzungsmikroskopie (Erweichungstemperatur), der DTA (erster Wendepunkt der DTA-Kurve) und der Temperatur beim Drehmomentanstieg des Viskosimeters dargestellt. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Agglomerationstemperaturen, die über das Viskosimeter ermittelt wurden, zumeist niedriger oder gleich der konformen Ascheschmelztemperaturen sind. Möglicherweise ist dies mit Feststoffreaktionen zu begründen, die auch schon vor dem ersten Sintern stattfinden könnten. Andererseits könnten es auch minimale Sintervorgänge sein, die in der Erhitzungsmikroskopie visuell unerkant bleiben.

Die aus der DTA entnommenen Wendepunkte der Graphen sind den Werten aus den Viskosimeter- und Erhitzungsmikroskopieversuchen nahezu entsprechend. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse für die Auswertung verwendet. Eine Erkenntnis dieser Untersuchung ist, dass die visuelle Erweichungspunktbestimmung zu ungenau für die Feststellung erster Schmelztendenzen ist.

Die Ascheerweichung und Kesselkorrosion können durch die Auswahl geeigneter Herkünfte beeinflusst werden. Auf guten Standorten werden sich die *Miscanthus x giganteus*-Herkünfte weiterhin durchsetzen. Hier ist der Ertrag vor allem bei Misc. 17 sehr hoch. Doch mit diesem Ergebnis kann die aus ökologischer Sicht gestellte Forderung nach einem artenreichen Miscanthusanbau nicht erfüllt werden.

Nach den diesjährigen Sorten- Herkunftsversuchen am zweiten Aufwuchs kann zumindest für die Pionierphase der Miscanthus-bestände auf dem Standort Klein-Altendorf gesagt werden, dass es durchaus Alternativen zum *Miscanthus x giganteus* gibt. Die Sorte Nagara hatte bei der Ernte im April 2010 sogar einen deutlich höheren Ertrag als die vorwiegend angebaute Herkunft. Auch die Erträge der vier verschiedenen Amuri-Sorten sind vergleichbar. Erwartungsgemäß haben die 12 *Miscanthus sinensis*-Herkünfte auf diesem Standort sehr viel schlechter abgeschnitten.

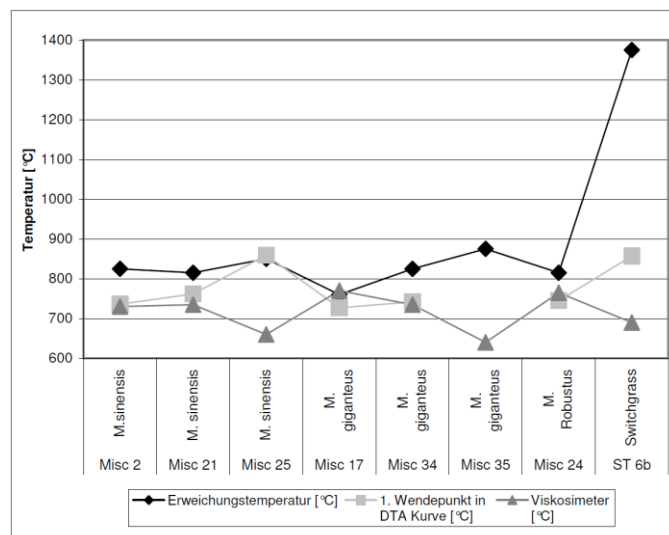


Abb. 1: Ergebnisse aus Erhitzungsmikroskopie, DTA und Viskosimeter verändert nach [3]

Literatur

- Pude R. 2010: Geschätzte Anbauflächen, www.miscanthus.de/flachen.htm.
- Pude R. 2008: Miscanthus - Netzwerke und Visionen -. 5. International Miscanthus-Tagung vom 27.-28. November 2008, Thielle-Neuchatel, Schweiz, Bonn: Universitätsdruckerei.
- Ramperez C., Ramperez M., Lippert H., Porbatzki D., Schlüter A., Pude R., Müller M. 2008: Release of inorganic species and ash behavior in combustion of different Miscanthus genotypes and Switchgrass. 16th European Biomass Conference and Exhibition, 2-6 June 2008, Valencia, Spain.

Modellierung von Pflanzendynamik mit dem Pflanzenmodul SIWAPFLAN im Modell CANDY

Janine Krüger

Einleitung

Das Agrarökosystemmodell CANDY (Franko et al. 1995) wurde mit dem Pflanzenmodul SIWAPFLAN und den damit verbundenen pflanzenrelevanten Prozessen (Ontogenese, Biomasseproduktion, Stickstoffaufnahme) auf der Basis von Umwelteinflüssen erweitert. Dies ist bedeutend für eine wirklichkeitsnahe Abbildung bzw. Modellierung der vorhandenen Landnutzung und der Prozesse der C- und N-Dynamik in den landwirtschaftlich genutzten Böden.

Mit dem generischen Pflanzenmodul SIWAPFLAN wurden Standortmodellierungen zu Experimenten in Bad Lauchstädt (Deutschland) (Franko et al. 2007) sowie Wagna (Österreich) (Fastl und Robier 2008) durchgeführt. Die Kalibrierung und Validierung basiert auf umfangreichen Datensets zu Ontogenese, Biomasseerträgen, LAI und pflanzlicher Umsetzung von Stickstoff der klima- und bodenspezifisch sehr unterschiedlichen Standorte.

Material und Methoden

Das in CANDY integrierte Modul SIWAPFLAN basiert auf dem Pflanzenwachstumsansatz des Simulationsmodells SIMWASER (Stenitzer 1988) und ist in den Teilmodulen „Pflanzenentwicklung“ und „Biomasse“ umgesetzt. Das dritte Teilmodul „N-Aufnahme“ komplettiert das Modul für die Modellierung der Pflanzendynamik. Den Modulantrieb stellen die täglichen Daten der Lufttemperatur, Globalstrahlung, Niederschlag und Tageslichtlänge dar.

Eine wichtige Grundvoraussetzung zur Modellierung der Biomasseproduktion und Stickstoffaufnahme stellt die richtige Modellierung der Ontogenese dar. Anhand der Vergleichsdaten des Intensivmessfeldes Bad Lauchstädt und der Versuchsstation Wagna wurde das Teilmodul „Pflanzenentwicklung“ kalibriert sowie validiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die graphische Darstellung (siehe Abb.) zeigt ausschließlich die Modellierungsergebnisse der Validierung. Der Vergleich der Entwicklungsstadien aller Fruchtfolgeglieder beider Managementvarianten zeigt um die 1:1-Linie nur geringe Abweichung (Ökolandbau - RMSE = 5.01; %RMSE = 10.97 %; Konventionell - RMSE = 6.90; %RMSE = 17.37 %). Die Voraussetzung für eine Biomassemodellierung wurde erreicht.

In Abb. wurden die Kalibrierung und Validierung der Hauptfrüchte des Standortes Wagna gegenübergestellt. Spezifisch für die Bewirtschaftung dieser Region ist der Anbau von Ölkürbis. In der Kalibrierung des Teilmoduls „Pflanzenentwicklung“ durch die BBCH-Daten des Jahres 2009 wurde eine sehr gute Abbildung der Entwicklungsstadien erreicht (RMSE = 5.53; %RMSE = 12.99 %). Die Validierung des Teilmoduls kann jedoch aufgrund der Unterschätzung des Ölkürbis nicht als erfolgreich angesehen werden (%RMSE = 33.94 %). Weitere Daten sollen für eine neuerliche Prüfung genutzt werden.

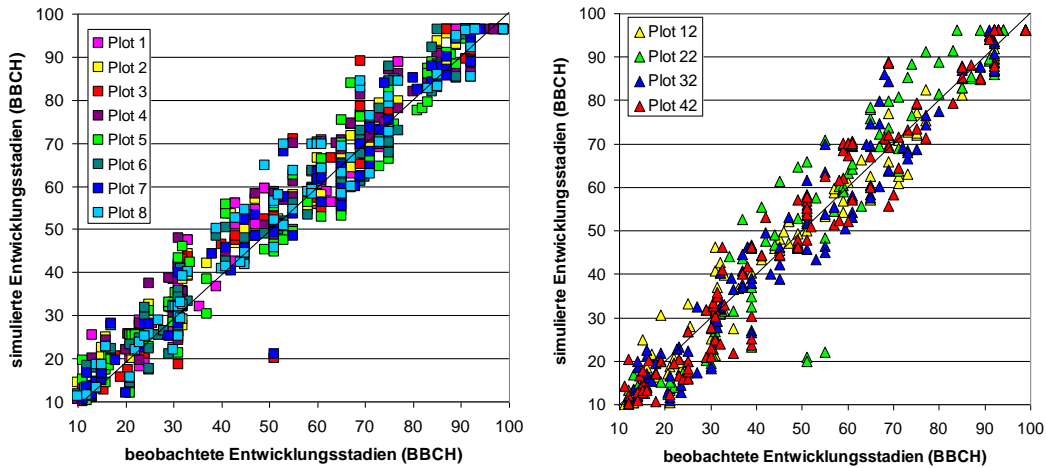


Abb. 1: Vergleich zwischen simulierten und beobachteten Entwicklungsstadien (nach BBCH-Skala) des ‚Intensivmessfeldes‘ Bad Lauchstädt von 1999 bis 2008 (links – Fruchtfolge des Ökolandbaus; rechts – Fruchtfolge der konventionell gedüngten Bewirtschaftung)

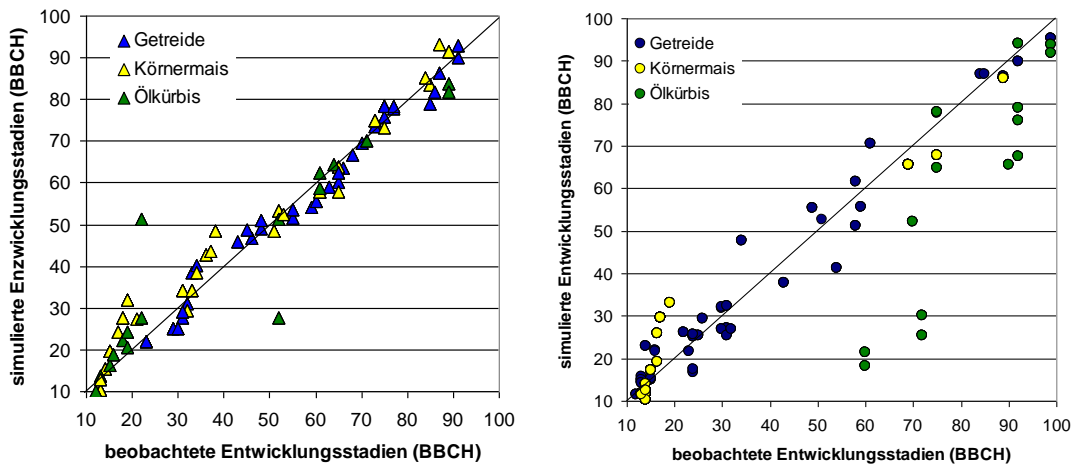


Abb. 2: Vergleich zwischen simulierten und beobachteten Entwicklungsstadien (nach BBCH-Skala) der Hauptfrüchte des Versuchstandortes Wagner (links – Kalibrierung 2009; rechts – Validierung 1987 bis 2008)

Literatur

- Fastl G., J. Robier 2008: Grundwasserverträgliche ackerbauliche Bewirtschaftungsformen über seichtliegenden gering mächtigen Grundwasserleitern/5.2. Der Großparzellenversuch Wagner und dessen Bewirtschaftung (1987 bis 2003). In: Fank J., Lanthaler C. (Hrsg.) Diffuse Einträge in das Grundwasser: Monitoring – Modellierung – Management. Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Fokus zu erwartender Herausforderungen. Beiträge z. Hydrogeologie, S. 46 - 50.
- Franko U., B. Oelschlägel, S. Schenk 1995: Modellierung von Bodenprozessen in Agrarlandschaften zur Untersuchung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen. UFZ-Bericht Nr. 3, Leipzig.
- Franko U., M. Puhlmann, K. Kuka, F. Boehme, I. Merbach 2007: Dynamics of water, carbon and nitrogen in an agricultural used Chernozem soil in Central Germany. In: Kersebaum K.-C., J.-M. Hecker, W. Mirschel, M. Wegehenkel [eds.] Modelling water and nutrient dynamics in soil crop systems. Dordrecht, Springer, 271 pp.
- Stenitzer E. 1988: SIMWASER – Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt 31, Petzenkirchen.

Vergleich zweier Simulationsmodelle für Zuckerrüben

Helge Stephan*, Christa Hoffmann** und Henning Kage*

Einleitung

Die Analyse der Einflussfaktoren auf pflanzenbauliche Produktionssysteme allein auf der Grundlage von Feldversuchen ist aufwendig und kann daher meist nur eine kleine Stichprobe möglicher Einflussfaktoren umfassen. Die Entwicklung und Nutzung von Simulationsmodellen kann eine Möglichkeit sein, experimentelle Daten mit vertretbarem Aufwand und ggf. ausreichender Genauigkeit zu extrapolieren. Um ein geeignetes Modell als Ausgangsbasis für zukünftige Modellierungsarbeiten in einem Projekt zur Evaluierung der Ertragspotenziale von Winterzuckerrüben zu finden, wurden zwei dynamische Simulationsmodelle für Zuckerrüben hinsichtlich ihrer Vorhersagegüte verglichen.

Material und Methoden

Es wurde das bereits etablierte Modell von Qi et al. (2005) und eine Eigenentwicklung (unveröffentlicht) in ModelMaker 4 implementiert. Der schematische Aufbau des selbstentwickelten Modells ist Abb. 1 zu entnehmen. Die von beiden Modellen berechneten Zielgrößen sind die Trockenmasse und der Zuckerertrag [g/m²]. Diese werden aus den Wetterdaten unter Berücksichtigung des Bodenwasserhaushalts kalkuliert. Es wurden Simulationen mit beiden Modellen anhand der Wetterdaten an vier Standorten für verschiedene Jahre durchgeführt. Die Simulationsergebnisse wurden mit den zu den Standorten vorliegenden Messdaten verglichen.

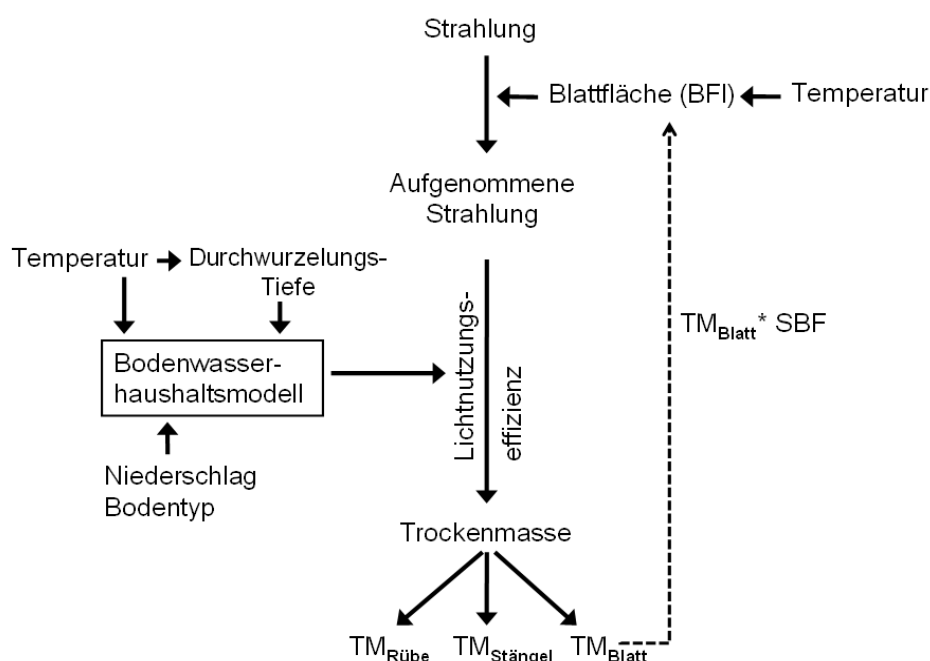


Abb. 1: Aufbau des selbstentwickelten Zuckerrübenmodells (unveröffentlicht).
SBF = Spezifische Blattfläche

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, E-Mail: stephan@pflanzenbau.uni-kiel.de

** Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen

Zur Bewertung der Modellgüte wurden der Index of Agreement (d), die Effizienz des Modells (EF), der root mean square error (RMSE) und der mean relative absolute error (MRE) genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

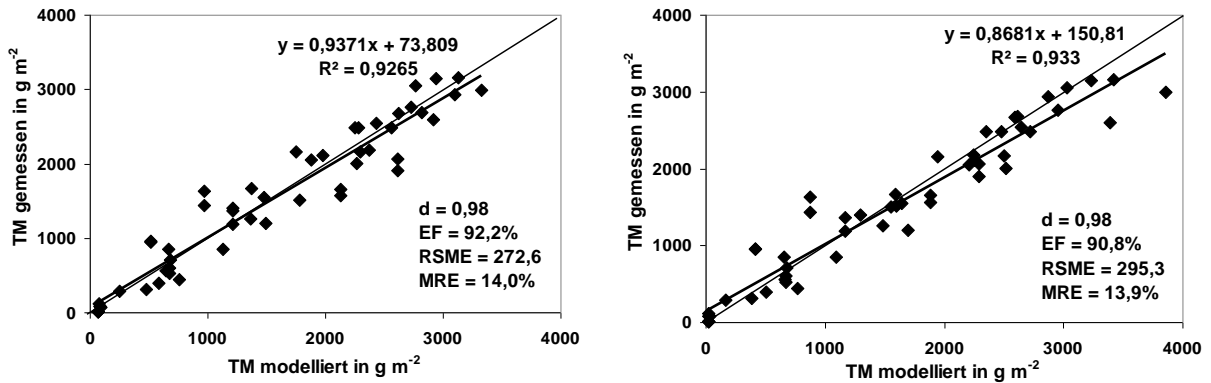


Abb. 2: Gütemaße des Modells Qi (links) und der Selbstenwicklung (rechts) über vier Standorte und zwei Jahre (Ruthe nur Jahr 1999, n = 52)

Wie aus Abb. 2 ersichtlich, zeigt sich, dass das Modell von Qi et al. (2005) im Zeitvergleich über alle Standorte etwas bessere Messdaten für die Trockenmasse prognostiziert als die Eigenentwicklung. Dies lässt sich sowohl an der Regression, die entsprechend der 1:1-Linie verlaufen sollte, als auch durch die statistischen Maßzahlen zeigen. Für die Standorte im Einzelnen liefert das Modell von Qi et al. an einem Standort bessere Prognosewerte, an den drei anderen Standorten das selbstentwickelte Modell. Die Abweichungen des selbstentwickelten Modells gehen zum Großteil auf einen Standort in einem Jahr zurück und können auf fehlende Daten zur Modellinitialisierung zurückgeführt werden.

Der Zuckergehalt wird aus der Trockenmasse über einen Zuckerverteilungskoeffizienten abgeleitet. Dies erfolgt bei beiden Modellen nach der im Modell von Qi et al. implementierten Methode. Das Modell von Qi et al. schätzt daher die Zuckererträge ebenfalls leicht besser als das selbstentwickelte Modell aufgrund seiner besser prognostizierten Werte für die Trockenmasse.

Beim Vergleich der absoluten Enderträge der Trockenmasse und des Zuckers sind beide Modelle als gleichwertig einzustufen (Daten nicht dargestellt).

Der Unterschied zwischen beiden Modellen ist, dass die Eigenentwicklung über eine Rückkopplung verfügt. Aus der bereits vorhandenen Blattmasse wird mit Hilfe der spezifischen Blattfläche (SBF) der aktuelle Blattflächenindex (BFI) berechnet. Blattwachstumseinschränkende Faktoren werden dadurch besser berücksichtigt.

Auch wenn das Modell von Qi et al. leicht besser im Modellvergleich erscheint, so bietet das selbstentwickelte Modell den Vorteil, dass es in den Anpassungs- und Expansionsmöglichkeiten flexibler ist. Es soll daher als Grundlage für weitere Modellierungsarbeiten zur Ableitung von Ertragspotenzialen für Winterrüben dienen.

Literatur

Qi A., C. Kenter, C. Hoffmann, K.W. Jaggar 2005: The Broom's Barn sugar beet growth model and its adaption to soils with varied available water content. *European Journal of Agronomy* 23: 108-122.

Modelling environmental effects on phenology and canopy development by using QTL and gene effects as model input parameters

Ralf Uptmoor, Jianyang Li and Hartmut Stützel

Introduction

The combination of ecophysiological or phenological modelling and QTL analysis was suggested as a possibility to accelerate breeding efforts (Yin et al. 2000). For the prediction of environmental effects on plants with different allele combinations of relevant genes and a better identification of genetic factors, which underlie complex environment dependent traits, modelling could help to dissect these traits into underlying physiological processes (Hammer et al. 2004, Tardieu et al. 2003). The development of wide adaptation cultivars for example is constricted by phenological responses of plants to the environmental signals photoperiod and temperature. We show how genotypes carrying QTL-allele combinations, which result in low responses to these environmental signals, can be identified in crop populations by coupling QTL-analysis and crop modelling and that the effects of daylength and temperature on flowering time can be predicted for different genotypes in diverse environments.

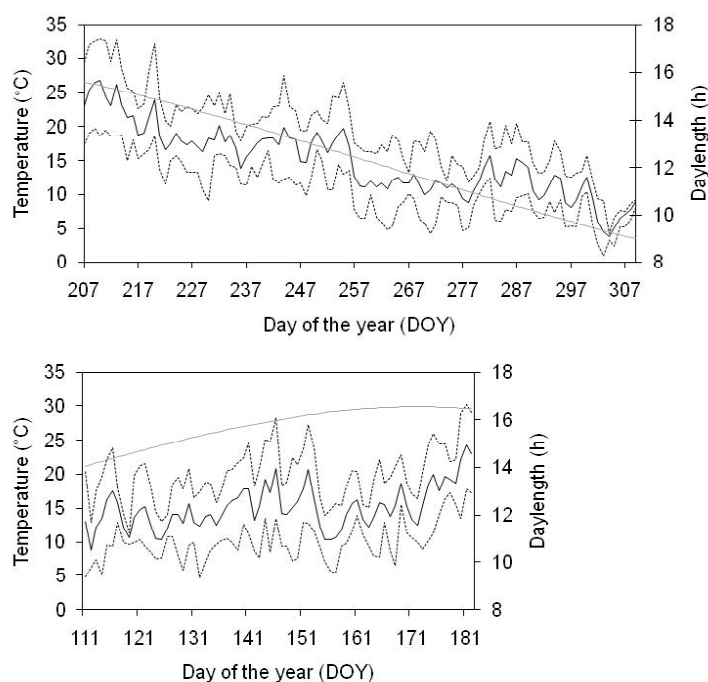


Fig. 1: Daily mean (black solid), maximum, and minimum (dotted) air temperatures and daylengths (grey line) during acclimatization to outside temperatures and field growth in 2008 (top) and 2009 (bottom).

Materials und Methods

A QTL-based phenology model accounting for genotypic differences in temperature responses during vernalization and non-temperature sensitive durations from floral transition to flowering was evaluated in two field trials. One of the field trials was carried out when growing conditions during the vernalization and head formation phase were favourable while the other trial was carried out at high temperatures during the vernalization phase and low temperatures at flowering time (Fig. 1). The model divides time to flowering into a juvenile phase, a vernalization phase and the duration from floral transition to flowering. The model was parameterized using original genotype specific model input parameters and QTL effects (Uptmoor et al. 2008).

Results and Discussion

The genotype-specific model parameterization showed an accurate predictability of flowering time if floral induction was promoted by low temperature ($R^2=0.81$, Fig. 2). Unfavourably high temperatures reduced the predictability ($R^2=0.65$). Replacing original model input parameters by QTL effects reduced the capability of the model to describe across-genotype variability

($R^2=0.59$ and 0.50). Flowering time was highly correlated with a model parameter accounting for vernalization effects. Within-genotype variability was significantly correlated with the same parameter if temperature during the inductive phase was high.

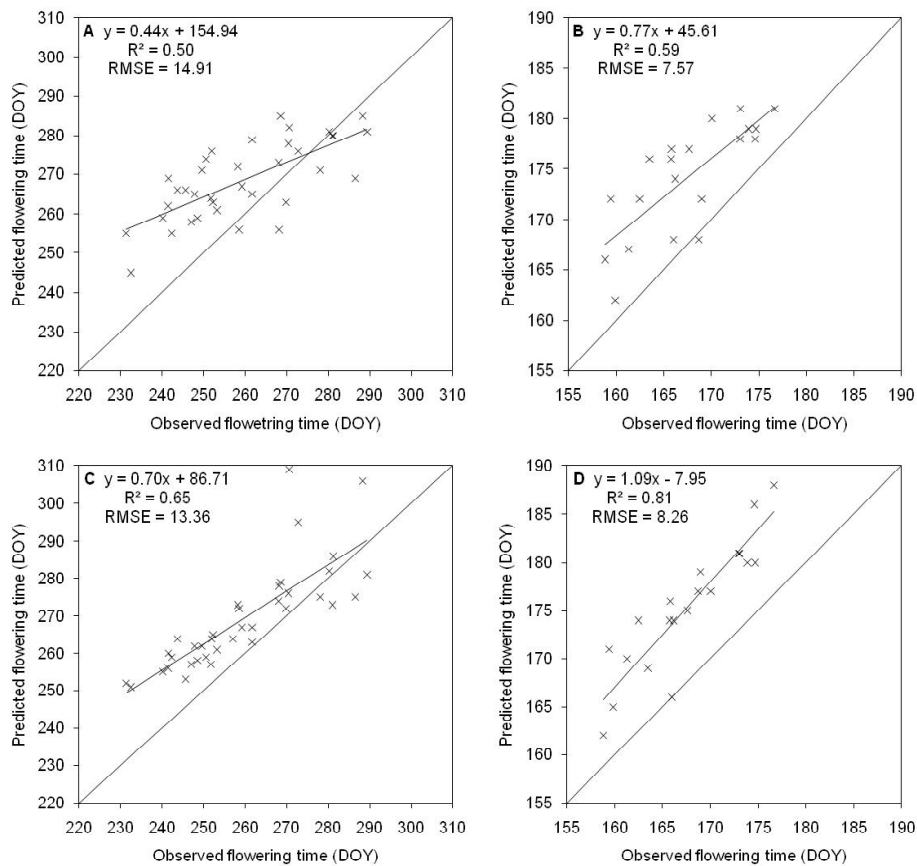


Fig. 2: Predicted vs. observed flowering time of *B. oleracea* DH-lines in evaluation trials carried out in 2008 (A and B) and 2009 (C and D) using QTL parameters (A and C) and original model parameters (B and D). RMSE = root mean squared error. DOY = day of year.

Current QTL-based crop models are not able to fully rebuild genotype variability, especially if the complexity of the trait increases and if complex adaptation mechanisms e.g. to high temperature or abiotic stresses like drought play a major role (Uptmoor et al. 2009). A refinement of current crop growth models by including parameters that are easy to measure and give stable characteristics is needed for enabling *in-silico* selection of favourable allele combinations by using computer simulations predicting the development of virtual genotypes under different environmental situations.

Literatur

- Hammer G.L., T.R. Sinclair, S. Chapman, E. van Oosterom 2004: On systems thinking, systems biology and the *in silico* plant. *Plant Physiology* 134: 909-911.
- Uptmoor R., T. Schrag, H. Stützel, E. Esch 2008: Crop model based QTL analysis across environments and QTL based modelling of time to flowering in *Brassica oleracea*. *Molecular Breeding* 21: 205-216.
- Uptmoor R., M. Osei-Kwarteng, S. Gürtler, H. Stützel 2009: Modelling the effects of drought stress on leaf development in a *Brassica oleracea* doubled haploid population using two-phase linear functions. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 134: 543-552.
- Tardieu F. et al. 2003: Virtual plants: modelling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. *Trends in Plant Science* 8: 9-14.

Adapting CROPGRO to simulate Chinese cabbage

T. Feike, S. Munz, Q. Chen, J. Pfenning, S. Graeff-Hönninger and W. Claupein

Introduction

Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) is a major vegetable crop of East Asia, which has special nutritional value as source of Vitamin C in many rural regions during winter months. However, its production is often characterized by unbalanced use of fertilizer and irrigation, which negatively contributes to ongoing resource degradation. Process based simulation models can help to enhance agricultural production by facilitating the assessment of management strategies for different environments, soils and production systems. The CROPGRO model, which was initially developed for soybean is a generic model that is also employed to simulate various vegetables like tomato, bell pepper and cabbage. The adaptation of the CROPGRO model was preferred over the development of a stand alone model for various reasons. CROPGRO is part of the DSSAT shell which enables the simulation of more than 30 crops. The model is able to simulate crop rotations and entire cropping season, which is of special importance for designing appropriate field vegetable production systems. Finally DSSAT is a widely used model with an ever growing user community, which ensures permanent application and improvement of the model. Therefore the target of the current study was to adapt CROPGRO to Chinese cabbage, based on the data obtained in greenhouse and field experiments.

Materials and Methods

Two nearly identical greenhouse experiments were conducted in autumn 2008 and spring 2009. Three cultivars of Chinese cabbage were grown at four different temperature regimes. The data was used to quantify temperature response of Chinese cabbage growth and development. Cardinal temperatures were determined by correlating mean relative growth rate with average air temperature, similar to the approach of Baker and Reddy (2001).

Field experiments were conducted in Germany and China in 2008 and 2009. In Germany the experiments were conducted at the horticultural research station of University of Hohenheim in 2008 and at the experimental station "Ihinger Hof" in 2008 and 2009. In China, the experiment was conducted at the Quzhou experimental station, Hebei in 2008 and 2009. To determine the cardinal temperatures, as required for the phenology model of CROPGRO, the temperature values obtained from the greenhouse experiments were tested on the field experiment data, applying eqn.1:

$$\begin{aligned}
 f(T) &= \frac{T - T_b}{T_{o1} - T_b}, \text{ if } T_b < T < T_{o1}; \\
 f(T) &= \frac{T_c - T}{T_c - T_{o2}}, \text{ if } T_{o2} < T < T_c; \\
 f(T) &= 1, \text{ if } T_{o1} \leq T \leq T_{o2}; \\
 f(T) &= 0, \text{ if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c;
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

where $f(T)$ is the temperature function, T is the measured daily average temperature, T_b is the base temperature, T_{o1} and T_{o2} are the lower and upper optimum temperatures and T_c is the ceiling temperature above which growth is zero. After fixing cardinal temperatures, the plant tissue composition was defined, according to published data. The model was further calibrated using the data of the "Ihinger Hof"

autumn Chinese cabbage set of 2009, reducing the root mean square error between observed and simulated data. Calibration was conducted on head dry matter, leaf area index, specific leaf area and total above ground biomass. In the final step the model was tested for every plant growth parameter on up to five independent datasets.

Results and Discussion

The cardinal temperatures were identified at 0 °C (T_b), 14 °C (T_{o1}), 24 °C (T_{o2}) and 34 °C (T_c), which represent the lowest values among all CROPGRO species. However the values correlate well with literature (Shattuk, 19xx) and are in a reasonable range considering the temperate zone character of Chinese cabbage. Model testing proved that the newly developed Chinese cabbage model simulates head and total dry matter well (Fig. 1). Furthermore leaf area development is simulated accurately (Fig. 2). However, final leaf area is slightly overestimated. We assume that this is a result of an underestimation of the rate of leaf senescence. The newly developed model has high potential to test and evaluate production of Chinese cabbage under various management strategies in different environments.

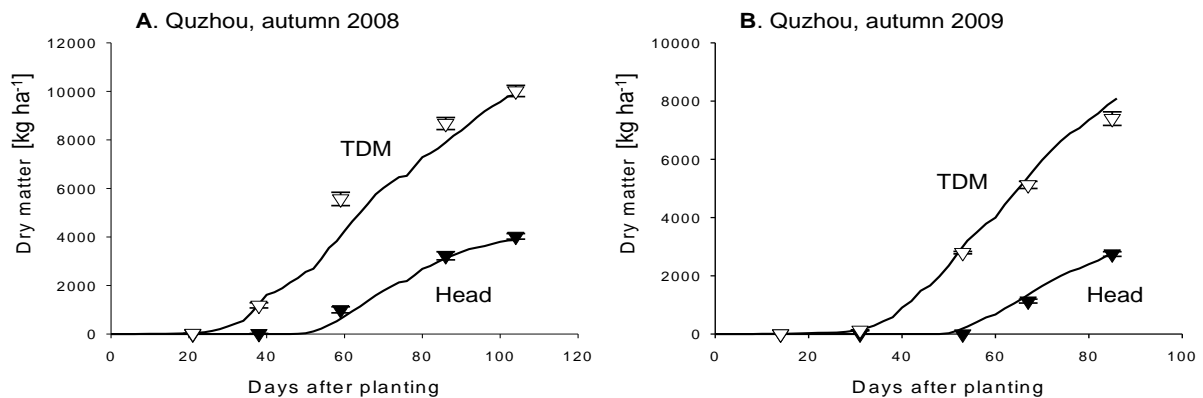


Fig. 1: Simulated (lines) vs. observed (symbols) values for head dry matter and total above ground dry matter (TDM) of the autumn sets of Quzhou in 2008 (A) and 2009 (B). Error bars indicate twice the standard error of means.

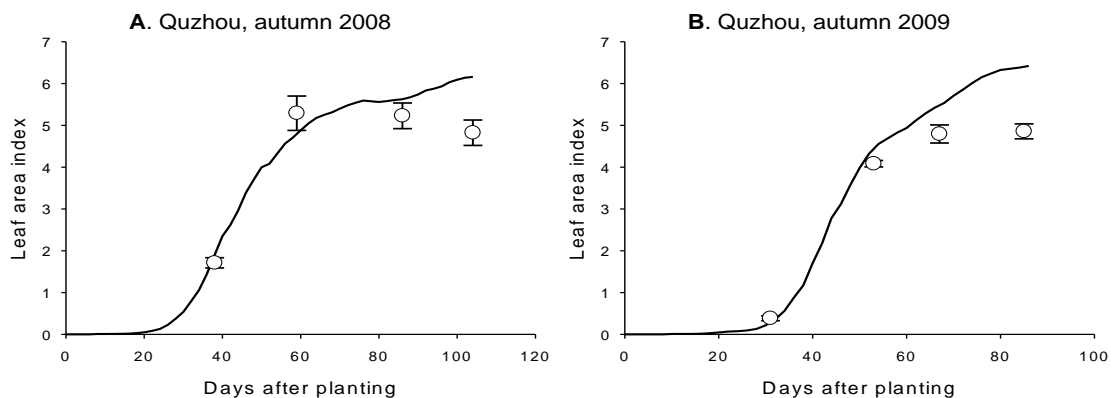


Fig. 2: Simulated (lines) vs. observed (symbols) values for leaf area index of the autumn sets of Quzhou in 2008 (A) and 2009 (B). Error bars indicate twice the standard error of means.

We want to thank the German Research Foundation (DFG, GRK 1070) and the Ministry of Education of the People's Republic of China for their financial support.

References

Baker J.T., V.R. Reddy 2001: Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany* 87: 605-613.

Reduzierung der Pollenverbreitung durch Anbau von cytoplasmatisch männlich sterilem (CMS) Mais

Heidrun Bückmann, Christian Kobbe und Alexandra Hüsken

Einleitung

Im Fokus der Kritik beim Anbau von gentechnisch verändertem Mais steht die mögliche Ausbreitung der „Fremdgene“ über Samen und Pollen. Instrumente zur Reduzierung der Ausbreitung (biologisches Confinement) wie z. B. die Nutzung von cytoplasmatisch männlich sterilen (CMS) Pflanzen sind daher von großer Bedeutung. CMS beruht auf der Tatsache, dass die männliche Blüte auf natürliche Weise keinen Pollen bildet. Diese Eigenschaft wird maternal vererbt, ist aber reversibel in Gegenwart eines oder mehrerer sog. nuklearer Restorer-Gene (*Rf*-Gene). Das Auftreten der *Rf*-Gene ist abhängig vom Cytoplasmotyp. Für Mais sind CMS-T (Texas), CMS-S (USDA) und CMS-C (Charrua) bekannt (Parvez et al. 2007). Des Weiteren können auch Umwelteinflüsse wie Starkregen und extreme Hitze die Fertilität der Pflanzen restaurieren. Ziel des hier vorgestellten BMBF-Verbund-Projektes „Optimierung der biologischen Sicherheit gentechnisch veränderter Pflanzen“ ist die Prüfung der umweltabhängigen Zuverlässigkeit von CMS-Mais als biologische Confinement-Maßnahme. Die Untersuchungen sollen dazu beitragen, Empfehlungen für den Anbau von nutzungsveränderten Pflanzen zu geben.

Material und Methoden

2009 wurden in drei Umwelten (Braunschweig (BS), Groß Lüsewitz (GL) und Freising (FR)) Feldversuche mit Großparzellen (48 m Breite x 69 m Länge) unter praxisüblicher Bewirtschaftung durchgeführt. Nach Ergebnissen eines Vorversuchs wurden 3 CMS-Maishybriden (DSP2: CMS-T, Torres u. Zidane: CMS-S) vergleichend zur konventionellen Hybride Delitop angebaut. Alle Hybriden entwickeln gelbe Körner. Je Parzelle wurde eine gleich große Weißmaisparzelle (DSP 17007) als Pollenempfänger im Abstand von 3,5 m in Hauptwindrichtung angelegt. Die gelbe Kornfarbe vererbt sich homozygot dominant, daher entwickeln sich nach einer Bestäubung im Weißmaisbestand gelbe Körner. Als natürliche Pollenbarriere zwischen den Prüfeinheiten diente ein 18 m breiter Hanfstreifen. Folgende Parameter wurden an definierten Bonitur- und Erntepunkten untersucht:

- Charakteristik der männlichen CMS-Maisblüte (steril, fluktuierend, fertil),
- Pollenvitalität durch Selbstung und Bestimmung des Mean Kernel Sets (MKS = Anteil Körner je Spindel),
- Auskreuzungspotenzial (Anzahl gelber Körner im Weißmais),
- Reduzierung der Auskreuzung im Vergleich zu Delitop.

Ergebnisse und Diskussion

Im Versuchsjahr 2009 waren die geprüften CMS-Maishybriden durchweg nicht 100 % steril. Die Hybride Torres wies an allen Standorten den höchsten Sterilitätsgrad auf. Die Rispe wurde als fluktuierend mit wenig Pollen bonitiert. Aus den Selbstungen resultierten MKS von < 1 %. Die CMS-Maishybride DSP2 reagierte dagegen stark standortabhängig und widersprach damit den Ergebnissen des Vorversuchs. In BS wurden überwiegend sterile Rispen bonitiert und MKS < 1 % ermittelt. Im Gesamtbestand, d. h. abseits der Boniturstellen, traten jedoch immer wieder fertile

Rispen mit viel Pollen auf. In GL entwickelte DSP2 überwiegend fluktuierende Rispen mit wenig Pollen, das MKS nach Selbstung lag bei 40 %. Die höchste Vitalität der Pollen dieser Hybride wurde in FR (MKS 81 %) gemessen. Zidane entwickelte an allen Standorten erwartungsgemäß fluktuierende bis fertile Rispen mit vitalem Pollen. Es wurden MKS von 20 % bis 40 % bestimmt.

Die Zeiträume der männlichen CMS-Maisblüte und der weiblichen Weißmais-Blüte verliefen parallel. Damit waren Blühsynchronität und eine mögliche Befruchtung sichergestellt. Der Auskreuzungsgrad der CMS-Maishybriden verlief an allen Standorten parallel. Torres kreuzte am wenigsten aus (Parzellenmittel: 0,1 % - 0,2 %). Die höchste Auskreuzung aller Prüfglieder erfolgte in der 1. Reihe des Pollenempfängers, d. h. nach 3,5 m. Bereits nach 6,50 m war die Auskreuzung stark verringert und nach 30 m lagen alle Werte unter 1 %.

Im Vergleich zu Delitop wurde an den 3 Standorten im Mittel der ersten 30 m die Auskreuzung aller CMS-Maishybriden um 84 % bis 97 % reduziert (Abb. 1). Torres wies die stärkste Reduktion aller CMS-Maishybriden, mittlere 96,5 %, auf. In BS wurden sogar 98 % erreicht. DSP2 bewirkte eine Auskreuzungsreduktion von ca. 84,2 %, wobei in BS 91,7 % berechnet wurden und in FR nur 77 %. Der Umwelteinfluss auf DSP2 wird damit betont. Zidane bewirkte eine Auskreuzungsreduktion um mittlere 83,7%, die höchste am Standort GL (89,5 %).

		Entfernung zur CMS-Mais-Parzelle [m]						
		3.50	6.50	11.00	14.75	19.25	30.25	
DSP2								<i>MW</i>
Hötzum		-79.8	-89.9	-95.4	-93.5	-97.2	-95.7	-91.7
Groß Lüsewitz		-74.2	-55.6	-95.2	-94.5	-86.5	-91.7	-82.9
Freising		-48.3	-82.9	-80.5	-86.9	-82.7	-86.0	-77.9
	<i>MW</i>	-67.4	-76.1	-90.4	-91.6	-88.8	-90.8	-84.2
Torres								
Hötzum		-98.6	-98.9	-98.9	-96.8	-97.5	-97.5	-98.0
Groß Lüsewitz		-98.2	-96.4	-99.6	-97.5	-96.4	-91.7	-96.7
Freising		-97.2	-97.4	-95.1	-95.9	-93.6	-89.8	-94.8
	<i>MW</i>	-98.0	-97.6	-97.6	-96.7	-95.8	-93.0	-96.5
Zidane								
Hötzum		-89.3	-92.2	-92.4	-85.5	-80.3	-86.2	-87.6
Groß Lüsewitz		-88.7	-81.5	-97.5	-93.6	-96.7	-78.9	-89.5
Freising		-45.9	-80.2	-73.3	-79.8	-83.6	-81.2	-74.0
	<i>MW</i>	-74.6	-84.6	-87.7	-86.3	-86.8	-82.1	-83.7

Abb. 1: Reduktion der Auskreuzung der CMS-Maishybriden im Vergleich zu Delitop (100 %)

Durch die Nutzung der in 2009 getesteten CMS-Maishybriden kann die Pollenverbreitung in unterschiedlichen Umwelten reduziert werden. Eine zuverlässige Anwendung sollte mit anderen Maßnahmen wie geringen Isolationsabständen, Mantelsaaten aus Mais kombiniert werden. Die Versuche werden 2010 fortgeführt.

Literatur

Sofi P.A., Rather A.G., Wani S.A. 2007: Genetic and molecular basis of cytoplasmic male sterility in maize. Commun. Biometry Crop Sci. 2 (1): 49-60.

Eignet sich kleistogamer Raps als biologische Confinement-Strategie zur Reduktion der Auskreuzung über den Pollen?

Kerstin Dowideit und Alexandra Hüsken

Einleitung

Raps (*Brassica napus* L.) weist ein hohes Auskreuzungspotenzial auf, da Rapspollen durch Wind und Insekten über weite Distanzen transportiert werden kann. Beim Anbau von transgenem Raps können auf diesem Wege neu eingeführte Gene in der Umwelt verbreitet werden. Eine denkbare geeignete biologische Confinement-Strategie ist der Anbau von kleistogamen Rapslinien, da beim kleistogamen Raps die Blüten geschlossen bleiben und so ein ungewollter Genfluss unterbunden wird. Die Eigenschaft der Kleistogamie kommt natürlicherweise beim Raps nicht vor, wurde jedoch am INRA (National Institut for Agronomic Research, Rennes) durch chemisch induzierte Mutation erzeugt. Der kleistogame Phänotyp basiert auf einer Mutation im *Clg1*-Gen (Lu et al. 2009). Durch den Austausch einer einzelnen Base (C→T) wird im kleistogamen Rapsgenotyp ein Protein exprimiert, bei dem an einer Position die Aminosäure Leucin durch Prolin ersetzt wird. In mehrjährigen Feldversuchen konnte gezeigt werden, dass bei der stabilsten getesteten Linie im Durchschnitt 94 % der Blüten geschlossen bleiben (Leflon et al. 2010).

Ziel des hier vorgestellten BMBF-Verbundprojektes „Entwicklung und Überprüfung von Confinement-Strategien für Raps“ ist es, in Feldversuchen Erkenntnisse über die Merkmalstabilität kleistogamer Rapslinien als biologische Confinement-Maßnahme in unterschiedlichen Umwelten zu gewinnen und ein geeignetes PCR-Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Auskreuzung kleistogamer Linien zu etablieren.

Material und Methoden

Im Jahr 2009 wurden Feldversuche in unterschiedlichen Umwelten (Braunschweig, Hohenheim) durchgeführt, um die Auskreuzungsrate von kleistogamem Raps in einen Nachbarschlag zu ermitteln. Hierfür wurde je 0,25 ha kleistogamer Raps (CLG) als Pollendonator und in Windrichtung anschließend 0,25 ha einer konventionellen, offen blühenden Rapsorte (Marcant) als Pollenempfänger (Rezipient) angebaut. Aus dem Rezipientenplot wurden aus jeweils 8 verschiedenen Distanzen zum Donorplot (0 m, 3 m, 4,5 m, 6 m, 12,5 m, 25 m, 36 m und 50 m) Einzelpflanzen geerntet, um Samen für spätere molekularbiologische Analysen zu gewinnen.

Die Bestimmung der Auskreuzungsrate von CLG in den Marcantplot soll durch ein sog. Subsampling-Verfahren erfolgen, wobei der Nachweis von CLG-spezifischen Markergenen in den Samenproben von offen abgeblühten Rapspflanzen durch eine qualitative PCR erfolgen soll. Das Nachweisprinzip beruht darauf, dass nur in den *Clg1*-Genabschnitten der kleistogamen Linie eine Bgl II-Restriktionsschnittstelle vorhanden ist und sich daher die Fragmentlänge der verdauten PCR-Produkte der kleistogamen Linie von den ungeschnittenen PCR-Produkten des Wildtyp-Gens um 20 bp unterscheiden.

Ergebnisse und Diskussion

Im Versuchsjahr 2009 lag an beiden Standorten eine Blühsynchronizität zwischen dem Donor- und dem Rezipientenschlag vor (Tab. 1).

Tabelle 2: Bonitur des Blühzeitraums in Hohenheim und Braunschweig

Standort	Genotyp	Blühzeitraum ^[1]	Vollblüte ^[2]
Braunschweig	CLG	17.04.-19.05.2009	22.04.2009
	Marcant	16.04.-19.05.2009	19.04.2009
Hohenheim	CLG	30.04.-22.05.2009	10.05.2009
	Marcant	27.04.-20.5.2009	08.05.2009

[1] Blühbeginn: 30 % der Pflanzen eines Genotyps weisen mehr als 3 vollständig blühende Knospen am Haupttrieb auf; Blühende: mehr als 90 % der Pflanzen eines Genotyps weisen einen vollständig abgeblühten Haupttrieb auf.

[2] 50 % der Pflanzen eines Genotypes weisen einen voll blühenden Haupttrieb auf.

Aus Marcant- und CLG-Samen wurde Raps-Gesamt-DNA extrahiert und eine PCR mit *Clg1*-spezifischen Primern durchgeführt. Nach einem anschließenden Restriktionsverdau mit Bgl II wiesen die verdauten PCR-Produkte im Agarosegel unterschiedliche Größen auf, wobei die *Clg1*-Fragmente von Marcant länger waren als die von CLG (Abb. 1). Das Nachweisverfahren eignet sich demnach, die *Clg1*-Gene von Marcant und kleistogamem Raps zu unterscheiden.

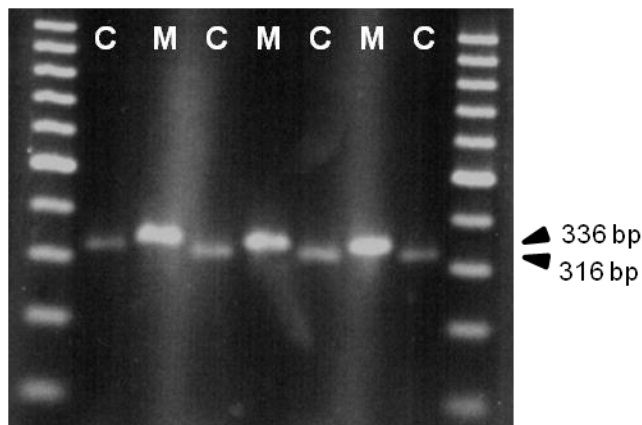


Abb. 1: Unterscheidung der Fragmentlänge von PCR-amplifizierten *Clg1*-Genabschnitten aus Marcant (M) und kleistogamem Raps (C) nach einem Restriktionsverdau mit Bgl II. Größenmarker Generuler 100 bp Ladder (Fermentas).

Aktuell wird geprüft, ob sich diese PCR-Nachweismethode eignet, um in Samenproben, in denen sowohl Marcant als auch gekreuzte Samen enthalten sind, die PCR-amplifizierten, verdauten *Clg1*-Genfragmente von Marcant und CLG im Agarosegel aufzutrennen und eindeutig die mutierten Gene aus CLG zu identifizieren. Ziel ist es, einen Anteil von 0,1% ausgekreuzten Samen in Samenproben aus dem Rezipientenplot detektieren zu können (Nachweisgrenze).

Literatur

- Leflon M., Hüskén A., Njontie C., Kightley S., Pendergrast D., Pierre J., Renard M. und Pinochet X. 2010: Stability of the cleistogamous trait during the flowering period of oilseed rape. *Plant Breeding* 129: 13-18
- Lu Y. H., Delourme R., Chalhoub B., Piel N., Falentin C., Renard M. and H. Belcram 2009: Producing a cleistogamous plant comprises inhibiting expression of the *Clg1* gene. Patent FR 2923839

Co-existence of genetically modified crops (GMO) and conventional and organic Maize in Mexico

K. Gilbert and H.K. Parzies

Introduction

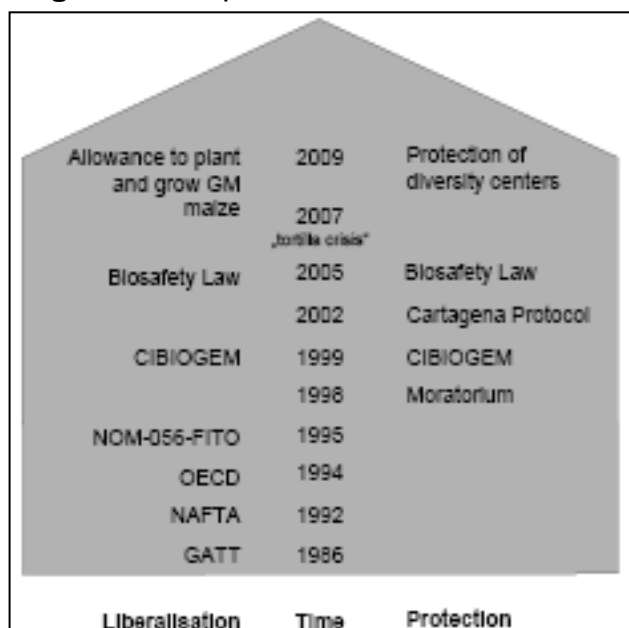
GM crops are debated due to their ability to contaminate non-GM crops by introgression of transgenes and spread of seed in unwanted areas. The paper which is based on a literature and internet review aimed to better understand current GMO activities and politics for maize in Mexico.

Results

Mexico is the centre of diversity and origin of maize, and harbours the wild progenitor of maize which is seen as an important genetic resource in need of protection. It is important culturally, economically, and environmentally to grow and maintain their native and subsistence corn, which plays an important role in domestic nutrition and daily life. Especially after the “tortilla crisis” in 2007 an adequate supply of maize is important to reduce the possibility of a shortage and to insure the independence of Mexico.

Less than 1 %, discussed below, of the maize is GM due to opposition in Mexico, specifically in the south, to GM cultivation. Mexico’s GMO policy is still battling its position between GMO liberalization and GMO moratorium (figure 1).

Fig. 1: Development of Mexico’s GMO Policy



Source: Own Illustration by Authors

1995, the first law concerning GMO, the Mexican Official Standard NOM-056-FITO-1995, established by the Ministry for Agriculture SAGARPA (Falkner and Gupta 2009), included the ability to field-test GM crops. Later the Biosafety Law (2005) opened the validity of the FITO-law to legally developing, testing and planting GM crops (Cevallos 2008). Coincidental the influence of the environmental ministry was enlarged. The Inter-Sectoral Commission on Bio-Safety and Genetically Modified Organism (CIBIOGEM), founded in 1999, coordinates the policies and federal regulation regarding to GMO’s (Fitting 2006) and can be seen as an Instrument containing both permitting and restrictive elements too. Political

signs towards protection are the Moratorium (1998) and the ratification of the Cartagena Protocol (2002).

Mexico is under huge economic pressure. GMO-liberalisation is contradicted by trading partners as the EU. However, Mexico operates as a GMO maize importer,

mainly from the USA for animal feed and the food processing industry (Falkner and Gupta 2009). This includes the allowance of a threshold of 5 % GMO-contamination in imported products without any declaration or labelling, which is contradictory to the Cartagena Protocol (Falkner and Gupta 2009, Fitting 2006).

Mexico, however, is forbidden to plant and grow GMO maize before 2009. Currently, the effort spent by the Mexican government and its citizens to prohibit GM maize may be for naught. In spring 2009, Mexico began a legislative process that would allow applicants to plant, grow and commercialise GM maize. Certain diversity centres of maize should be excluded.

The discussion around GM maize is not concentrated only within the government. There are stakeholders all over Mexico that are vocalizing their views in an attempt to make changes. For small individual farmers the most significant concerns are that the introduction of GM maize will represent a threat, through cross-breeding. Ellstrand et al. (1999) described the threat of gene flow. They have shown that gene flow between cultivated and wild populations takes place. This will further jeopardize the diversity of the native breeds and wild relatives of maize which are a potential genetic resource for traits for plant breeding.

Cultural and political constraints from the civil society, such as, indigenous people, NGO's and some critical scientists are a strong counterweight against the use of GM in Mexico. Greenpeace Mexico and Grupo de los Cien, which are significant environmental organizations from Mexico, are against the import and use of GM maize for the same reasons surrounding biodiversity of the biosphere in Mexico. The Mexican opposition revives financial support and capacity building by European institutions. The Europe motivation is caused due to a high concern against GMO in the population (Aerni and Bernauer 2006).

However, the key reason the government is planning on allowing the commercialisation of GM maize is because of the role of large agricultural and trade companies who are interested in working with genetically modified maize, arguing to produce higher yields and secure the supply of maize for Mexico.

Discussion

Mexico needs to find a solution for the trade off between restrictions and permissions. We estimate that Mexico will continue with relaxation of the regulative framework towards the accepting of GMO maize to uphold economic interests. Perhaps some protected GMO-free diversity centres can be maintained since Mexico is aware of the high cultural and agro-biodiversity importance of the origin maize varieties. If the restrictions and policies are preformed in proper way this might facilitate for GM, organic and conventional maize to co-exist. Steps towards this issue are a pre-release risk assessment, post-release monitoring and an attentive civil society. We hope Mexico will find its way to deal with GMO maize responsibly.

References

- Aerni P., T. Bernauer 2006: Stakeholder Attitudes Towards GMOs in the Philippines, Mexico and South Africa: The Issue of Public Trust. *World Development* 34(3): 557–575.
- Ellstrand N.C., H.C. Prentice, J.F. Hancock 1999: Gene Flow and Introgression from Domesticated Plants into Their Wild Relatives: *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 539-563.
- Cevallos D. 2008: Mexico: New Rules pave the way for transgenic crops. *Inter Press Service (IPS) News Agency*, March 20, 2008.
- Falkner R., A. Gupta 2009: The limits of regulatory convergence: globalization and GMO politics in the south. *International Environmental Agreements* 9: 113–133.
- Fitting E. 2006: Importing corn, exporting labor: The neoliberal corn regime, GMOs and the erosion of Mexican biodiversity. *Agriculture and Human Values* 23: 15–26.

Differences in leaf angles of sorghum genotypes

Ria Duensing, Susan Otieno, Ralf Uptmoor and Hartmut Stützel

Introduction

Plant morphogenesis and plant architecture are major determinants of crop productivity, determined by genetic as well as environmental factors. The architecture of sorghum is seen here as a result of repeated formation, expansion and senescence of phytomers which usually consist of an axillary bud, an internode, a node and a leaf that has two components the sheath and a lamina. Under favourable conditions lateral shoots (tillers) appear (Fournier et al. 2007). Altered leaf posture (i.e. lower leaf angle) and morphological adaptation (i.e. leaf rolling) may result in reduced light interception and decreasing daily growth rates. The objective of the study was to identify architectural characteristics in leaf blade positioning by calculating leaf angles of sorghum genotypes applying the method of 3D digitizing of three sorghum genotypes.

Material and Methods

One *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* cross, four *Sorghum bicolor* genotypes and one maize (*Zea mays* L.) line were grown in a split plot design in the field with two row distances (40 and 67 cm), two plant densities (20 and 30 plants /m²) and three replications. Sorghum was sown in mid of May 2009. After emergence plant architecture was recorded using a 3D digitiser (Fastrak, Polhemus, Inc, Colchester, VT, USA). Cartesian coordinates were sampled within an electromagnetic field every second week from one plant per replication from bottom to top in a standardised sequence (Fig. 1). Leaf angles α were calculated for each rank of main shoot (Fig. 1). The mean leaf angle was calculated as average of all leaf angles.

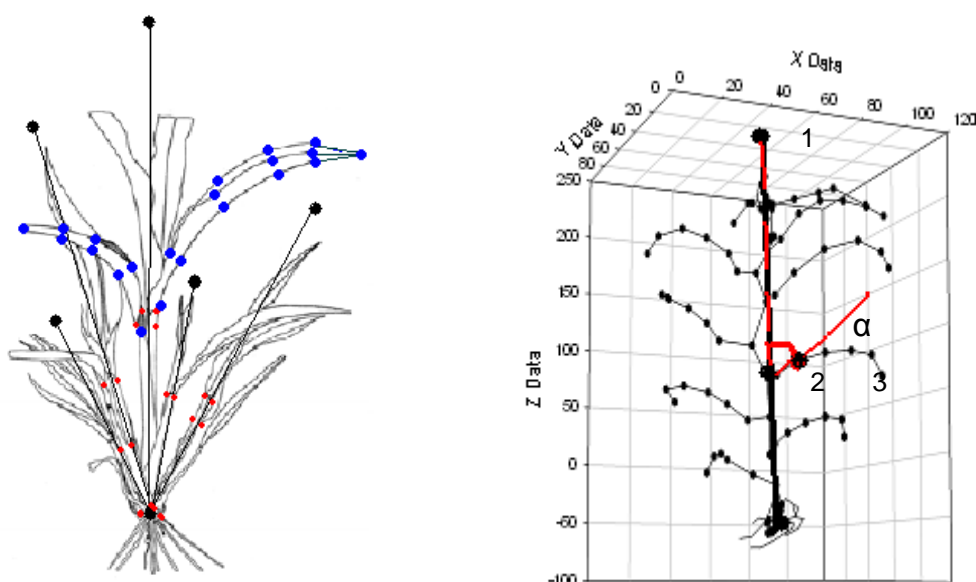


Fig: 1: Left figure: Early stage of morphological development (drawing by C. Loup, INRA 1996 in Fournier et al. 2007). Marks are digitizing points. Right figure: Digitizing image of a 14 weeks old *Sorghum bicolor* plant. Marks 1 to 3 were used to calculate the leaf elevation angle (α).

Results and Discussion

The structure of the shoots and leaves of one *Sorghum bicolor* genotype grown at a row distance of 40 cm and a plant density of 20 plants m^{-2} is shown from digitized data (Fig. 2). Calculated mean leaf angle was plotted as a function of thermal time with a base temperature of 11°C (Hammer et al. 1993). Calculated mean leaf angles of two selected genotypes showed values in a range of 32° to 82° for S3, and 39° to 58° for S5 during different growth stages. Mean leaf angles showed first an increase, later a decrease for both genotypes during growth stages. At the end leaf angle of S3 increased again. Difference between mean leaf angles was only significant for 674°Cd after emergence ($p < 0.05$, t-test) (Fig. 2). For S3 with increasing leaf rank (1 to 16, counted from top to bottom) the leaf angle decreased up to leaf 8 and increased from leaf 9 to 16 at 674°Cd. Only leaves 2, 6 and 10 differed not significantly between 554 °Cd and 674 °Cd ($p > 0.05$, t.test) (Fig. 2). At both time points S5 showed an increasing leaf angle with increasing leaf rank (data not shown).

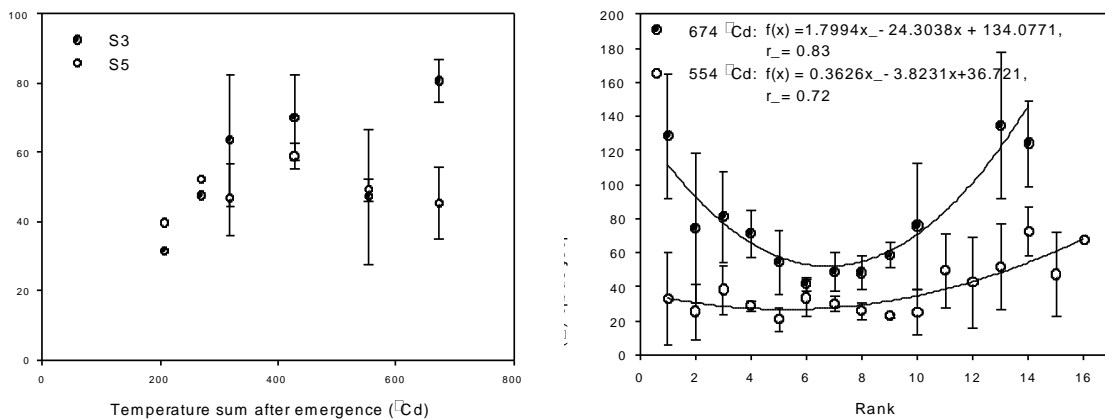


Fig. 2: Left figure: Mean leaf angle of main stem for two *Sorghum bicolor* x *Sorghum bicolor* genotypes. Right figure: Calculated leaf angles for each rank of the *Sorghum bicolor* x *Sorghum bicolor* genotype S3

3D digitizing allowed a realistic capture of the geometric structure of sorghum. Changes in mean leaf angles were specified by digitizing. Differences in leaf angles for both genotypes during different growth stages could result in variations in light interception and biomass production per unit leaf area throughout the growing season. Leaf angle variability between genotypes could allow to select genotypes with optimized leaf positioning for improved light interception and biomass production.

References

- Fournier C., Andrieu B., Buck-Sorlin G., Evers J.B., Drouet J.L., Escobar-Gutierrez A.J., Vos J. 2007: Functional-Structural Plant Modelling in Crop Production: Functional-structural modeling of gramineae. Netherlands: Vos J., Marcelis L.F.M., de Visser P.H.B., Struik P.C., Evers J.B. (eds.) pp. 175-186.
- Hammer G.L., Carberry P.S., Muchow R.C. 1993: Modelling genotypic and environmental-control of leaf-area dynamics in grain-sorghum. 1. Whole plant-level. *Field Crops Res.* 33:293-310.

Resistenz der in Deutschland zugelassenen Rotkleearten gegen den Erreger des Südlichen Stängelbrenners (*Colletotrichum trifolii*)

Irene Jacob*, Stephan Hartmann*, Franz Xaver Schubiger** und Christine Struck***

Einleitung

Rotklee (*Trifolium pratense* L.) ist aufgrund seines hohen Proteingehaltes eine beliebte Futterpflanze und wegen seiner Eigenschaft als stickstofffixierende Leguminose ein wichtiges Fruchtfolgeglied speziell im ökologischen Landbau. Seit einigen Jahren werden jedoch vermehrt Ausfälle von Rotkleepflanzen in Rein- und Futtermischbeständen beobachtet. Ursache hierfür können neben anderen Faktoren diverse pilzliche Pathogene sein, wobei aktuell in Deutschland *Colletotrichum trifolii* Bain et Essary, der Erreger des Südlichen Stängelbrenners, an Bedeutung gewinnt.

Dieser Pilz ist bereits seit längerer Zeit u. a. auch in der Schweiz (Boller et al. 1998) für sein besonders aggressives Auftreten bekannt. Zu den typischen Symptomen zählen Welkeerscheinungen und nekrotische Läsionen verbunden mit dem Abknicken des Stängels im oberen Teil der Pflanze.

Um im Falle einer zunehmenden Ausbreitung des Pathogens den Rotkleeanbau durch widerstandsfähige Sorten zu sichern sowie Resistenzquellen für die zukünftige Züchtung zu identifizieren, wurde ein mehrjähriger Resistenztest mit dem in Deutschland vorhandenen Rotkleeartenspektrum im Gewächshaus durchgeführt. Zudem wurde damit begonnen, auch andere Futterpflanzen, die als Alternative zum Rotklee in Frage kommen bzw. speziell in ökologisch wirtschaftenden Betrieben bspw. als Zwischenfrucht eingesetzt werden, in diesen Resistenztest zu integrieren, um erste Aussagen über deren Anfälligkeit gegen *C. trifolii* treffen zu können.

Material und Methoden

Der Resistenztest im Gewächshaus wurde nach einer Methode von Schubiger et al. (2003) durchgeführt und bisher für Rotklee dreimal wiederholt.

Vorgekeimte Samen wurden in Quickpots™ pikiert. Nach vier bis fünf Wochen erfolgte der erste Rückschnitt. Zwei Wochen danach wurden die Pflanzen mit einer Konidien suspension (3×10^6 Sporen/ml) aus acht verschiedenen *C. trifolii*-Isolaten inokuliert. Anschließend folgte eine fünftägige Inkubationszeit unter einer PVC-Plane. Nach ungefähr zwei Wochen wurden erste Symptome sichtbar. Die Pflanzen wurden erneut zurückgeschnitten. Im Zeitraum von drei bis sieben Wochen nach der Infektion fanden zwei Bonituren statt, in denen die Anzahl überlebender Pflanzen erfasst wurde.

Die winkeltransformierten Daten wurden mit dem Programm SAS mittels einer Varianzanalyse ausgewertet, der Mittelwertvergleich wurde mit dem Student-Newman-Keuls-Test durchgeführt.

Zusätzlich zum deutschen Rotkleeartenspektrum wurden im vergangenen Winter erstmalig auch andere Kulturpflanzen in den Resistenztest integriert (*Trifolium repens*, *Trifolium incarnatum*, *Trifolium alexandrinum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Lotus corniculatus*, *Onobrychis viciaefolia*, *Vicia sativa*, *Vicia villosa*). Hierzu

* Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 8, 85354 Freising

** Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstr. 191, 8046 Zürich

*** Universität Rostock, Agrar- und umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Landnutzung, Phytomedizin, Satower Str. 48, 18059 Rostock

musste der zeitliche Ablauf des Versuches bezüglich des Rückschnittes der Pflanzen zur Anpassung an die verschiedenen Fruchtarten teilweise variiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Unter den getesteten Rotkleearten zeigte sich eine deutliche Differenzierung hinsichtlich anfälliger und resistenter Sorten.

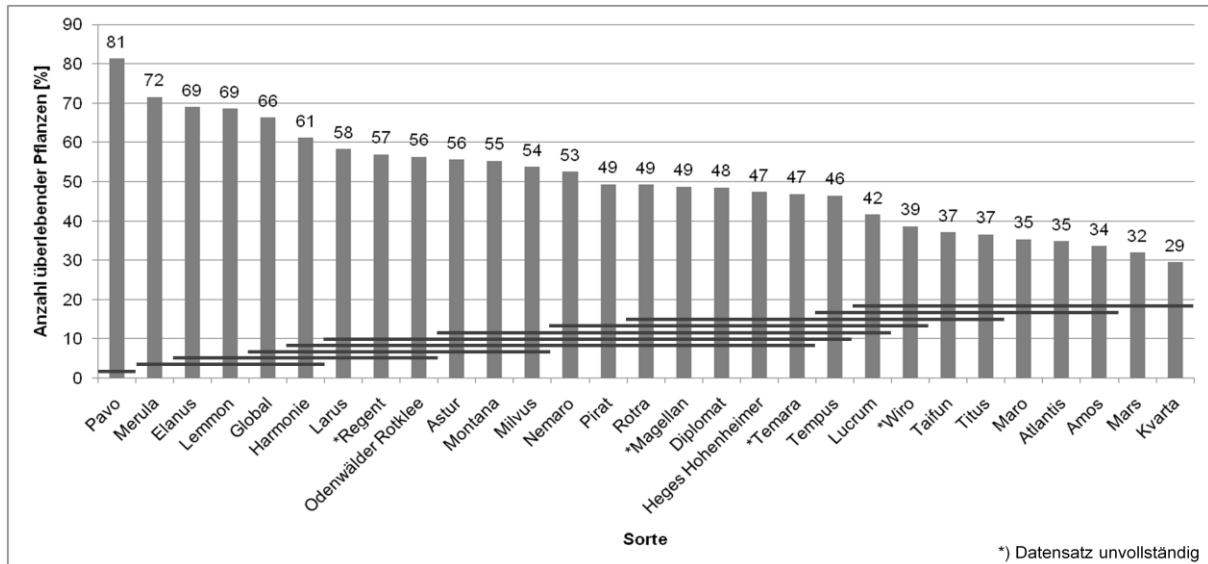


Abb. 1: Anzahl überlebender Pflanzen sieben Wochen nach der Infektion. Linien kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede. $P = 0,05$ (Student-Newman-Keuls Test).

Die diploiden Sorten „Pavo“ und „Merula“ wiesen den höchsten Resistenzgrad auf (81 bzw. 72 % überlebender Pflanzen), als resistensteste tetraploide Sorte erwies sich „Elanus“ mit einer 69 %igen Überlebensrate. Bei der anfälligsten Sorte „Kvarta“ überlebten nur 29 % der Pflanzen.

Bei den alternativen Futterpflanzen zeigten sich Weißklee, Hornklee und Esparsette deutlich als resistent gegen den Erreger. Gelbklee hingegen war anfällig, genauso Inkarnatklee. Die Anfälligkeit von Luzerne gegen *C. trifolii* ist bereits seit dem Auftreten des Pathogens bekannt (Bain und Essary 1906). Bei den beiden letzteren genannten Arten konnten zudem Sortenunterschiede beobachtet werden. Sowohl für *Vicia*-Arten als auch für Alexandrinerklee erwies sich der Resistenztest vor allem wegen des Rückschnittes der Pflanzen als nicht geeignet. Diese ersten Erkenntnisse müssen in weiteren Wiederholungen des Versuches bestätigt werden.

Literatur

- Bain S.M., S.H. Essary 1906: A new anthracnose of alfalfa and red clover. J. Mycol. 12:192-193.
 Boller B., Bigler P., Bucanovic I., Bänziger I. 1998: Southern Anthracnose – a new threat for red clover persistence in cooler regions. In: Boller B., Stadelmann F.J. (eds.) Breeding for a multifunctional agriculture. Proceedings of the 21st Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA. FAL Reckenholz, Zürich, pp. 195-197.
 Schubiger F.X., Streckeisen P., Boller B. 2003: Resistance to southern anthracnose (*Colletotrichum trifolii*) in cultivars of red clover (*Trifolium pratense*). Czech J. Genet. Breed. 39 (Special Issue): 309-312.

Vergleich der Pilzanfälligkeit verschiedener Genotypen von Wintererbsen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka, Thorsten Haase*, Rüdiger Graß**, Christian Schüler* und Jürgen Heß*

Einleitung

Der Anbau von Wintererbsen (*Pisum sativum* L.) nimmt in Deutschland aufgrund vieler Vorteile im Vergleich zu Sommererbsen in den letzten Jahren im ökologischen Pflanzenbau zu (Urbatzka 2010). Allerdings sind Wintererbsen aufgrund der längeren Wachstumsperiode anfälliger für Pilzkrankheiten als Sommererbsen (Charles 2001). Dabei gelten buntblühende Erbsen als weniger empfindlich gegenüber Krankheiten und Schädlingen als weißblühende Genotypen (Ilieva und Dochkova 1998, Weimar 1947). Daher wurde in vorliegender Arbeit der Pilzbesatz an unterschiedlichen Typen von Wintererbsen untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2004 auf den Versuchsstandorten der Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhausen (DFH; Ut3, 80 Bodenpunkte) und Hebenshausen (HEB; Ut4, 80 Bodenpunkte) durchgeführt. Geprüft wurden drei verschiedene Typen von Wintererbsen: Ein moderner weißblühender semi-leafless Typ (cv. Spirit) und zwei ältere buntblühende normalblättrige Genotypen (cv. Assas, EFB 33). Alle Erbsen wurden in Reinsaat und in zwei substitutiven Gemengen mit je 25 % (Gem1) bzw. 50 % (Gem2) der Aussaatstärke in Reinsaat (= 80 kf. Körner m⁻²) mit Roggen (cv. Amilo) gesät. Mitte April wurden vor Beginn des Längenwachstums der prozentuale Anteil der mit Pilzen befallenen Blattfläche und der Prozentsatz der befallenen Triebe am Triebgrund an 10 zufällig ausgewählten Pflanzen pro Parzelle erfasst. Dazu wurde das Saatgut auf einem COON's-Medium unter Zugabe eines Antibiotikums und nach einer Oberflächensterilisation mit dreiprozentigem Natriumhyperchlorid auf einen samenbürtigen Pilzbefall hin mikroskopisch untersucht. Als Versuchsanlage wurde ein Lateinisches Rechteck (DFH) bzw. eine Blockanlage (HEB) gewählt (N = 4). Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.1.

Ergebnisse und Diskussion

Am Saatgut wurde bei keinem der drei Genotypen ein nennenswerter Befall mit Pilzen festgestellt (Daten nicht dargestellt). Daher handelte es sich bei dem bonitierten Pilzbesatz wahrscheinlich v. a. um bodenbürtige Infektionen. Dies wurde auch durch die unterschiedliche Befallshöhe der Blattfläche bei Assas und Spirit nur in Reinsaat zwischen den beiden Standorten bekräftigt (Tab. 1). Bei EFB 33 wurde bei der Blattfläche ein niedrigerer prozentualer Pilzbefall als bei Assas und Spirit bestimmt, wobei dies nur in Reinsaat für einen Ort (HEB) statistisch abgesichert werden konnte. Auch der prozentuale Anteil der befallenen Triebe war bei EFB 33 signifikant geringer als bei den anderen beiden Sorten (Tab. 2). Bei der buntblühenden Assas und der weißblühenden Spirit wurde sowohl an den Trieben als auch an der Blattfläche nahezu immer ein Befall auf einem ähnlichen Niveau bonitiert.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischer Landbau und Bodenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising

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

**Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen

Tab. 1: Befallene Blattfläche (%) in Abhängigkeit des Genotyps und der Anbauform auf den Standorten DFH und HEB

	DFH			HEB		
	EFB 33	Assas	Spirit	EFB 33	Assas	Spirit
Reinsaat	0,5 ns NS	4,3 NS *	3,3 NS *	1,6 c NS	13,5 b A *	20,2 a A *
Gem1	0,7 ns	3,6	3,1	0,4 ns	3,6 B	3,1 B
Gem2	0,5 ns	3,5	3,1	0,4 ns	1,5 B	1,8 B

verschiedene kleine bzw. große Buchstaben bzw. * = signifikante Unterschiede bez. der Genotypen bzw. der Anbauform bzw. zwischen den Standorten ($p < 0,05$, Tukey-Test nach Winkeltransformation)

Da Tannine eine Abwehrreaktion der Pflanzen auf Umwelteinflüsse z. B. von Prädatoren oder Pilzen darstellen (Ilieva und Dochkova 1998), könnte hierin die Ursache für die verschiedene Anfälligkeit gegenüber Pilzen bei den einzelnen Genotypen begründet sein. Bei Assas wurde eine teilweise geringere Konzentration an kondensierten Tanninen als bei EFB 33 bestimmt (Urbatzka 2010), wobei die Analysen allerdings an Druschproben aus anderen Jahren vorgenommen wurden. Da aber der Einfluss des Genotyps höher als der der Umwelt einzuschätzen ist (Wang et al. 1996), sind die Ergebnisse vermutlich übertragbar. Dagegen lag bei Spirit als weißblühender Genotyp nur ein sehr geringer Gehalt an Tanninen vor, da dieser genetisch mit der Blütenfarbe gekoppelt ist (Gatel und Grosjean 1990). Dies könnte bei diesem Genotyp den höheren Befall mit Pilzen verglichen mit EFB 33 erklären. Im Vergleich zu Assas reicht aber eine Erklärung über die Konzentration an Tanninen nicht aus, da auch bei Assas ein höherer Gehalt als bei Spirit analysiert worden ist.

Tab. 2: Befallene Triebe (%) und Gesamtzahl der Triebe Pflanze⁻¹ in Abhängigkeit des Genotyps in DFH und HEB

	Befallene Triebe ¹	Anzahl Triebe
EFB 33	3,9 b	4,5 a
Assas	16,5 a	4,1 b
Spirit	12,6 a	3,1 c

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$, Tukey-Test); ¹ Winkeltransformation

Aus den Untersuchungen wird ersichtlich, dass zumindest bei Wintererbsen nicht alle buntblühenden und damit tanninhaltigen Genotypen eine geringere Anfälligkeit gegenüber Pilzen als weißblühende Sorten aufweisen. Genauere Zusammenhänge sollten daher in weiteren Forschungsprojekten geprüft werden.

Danksagung

Dieses Projekt wurde mit Mitteln aus dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanziell unterstützt.

Literatur

- Charles R. 2001: Der Siegeszug der Wintererbsen. Die Grüne 18: 16-19.
- Gatel F., Grosjean F. 1990: Composition and nutritive value of peas for pigs: a review of European results. Livest Prod Sci 26: 155-175.
- Ilieva A., Dochkova B. 1998: Relationship between phenolic compound content in grain of winter and spring forage pea and degree of attack by pea weevil *Bruchus pisi* L. (Coleoptera bruchidae). Rasteniev'dni_Nauki 35 (9): 759-762.
- Urbatzka P. 2010: Anbauwürdigkeit von Wintererbsen - Ein Vergleich zu Sommererbsen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Dissertation Universität Kassel - Witzenhausen, Verlag Dr. Kovac, Hamburg.
- Wang Y., Douglas G.B., Waghorn G.C., Barry T.N., Foote A.G. 1996: The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. J Agric Sci 126: 353-362.
- Weimar J.L. 1947: Resistance of *Lathyrus* spp. and *Pisum* spp. to *Ascochyta pinodella* and *Mycosphaerella pinodes*. J Agric Res 75(5-6): 181-190.

Acker- und pflanzenbauliche Strategien zur Regulierung der Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*)

Thorsten Haase* und Jürgen Hess**

Einleitung

Im Ökologischen Landbau stellen ausdauernde Wurzelunkräuter wie die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) ein erhebliches Problem dar, da sie mit den in der konventionellen Landwirtschaft verfügbaren Mitteln nicht reguliert werden können. Neben dem Anbau von konkurrenzstarken Kulturen gilt der mehrjährige Feldfutterbau als mögliche Strategie, dem Problem einer zunehmenden Ausbreitung der Distel in Fruchtfolgen des Ökolandbaus zu begegnen (Hartl 2003). Auf viehlosen Betrieben, aber auch in marktfruchtbetonten Fruchtfolgen mit hohem Getreideanteil müssen alternative Wege der Regulierung der Ackerkratzdistel gefunden werden. Weil die Ausbreitung in der Fläche sehr stark vegetativ erfolgt, könnte dabei auch der Bodenbearbeitung eine wichtige Rolle zukommen (Donald 1990). Im vorliegenden Feldversuch sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Hat mehrmalige (3 x), sukzessiv tiefer gehende Stoppelbearbeitung mit dem Schälpflug („Stoppelhobel“) einen höheren Wirkungsgrad hinsichtlich der Regulierung der Ackerkratzdistel als konventionelle Stoppelbearbeitung mit Grubber (2 x) und anschließende tief wendende Grundbodenbearbeitung („Praxisüblich“) mit dem Pflug?
2. Können die geprüften Verfahren der Bodenbearbeitung den mehrjährigen Feldfutterbau in seiner Wirkung auf die Ackerkratzdistel ersetzen?
3. Wie schneiden die beiden geprüften Verfahren bezüglich des Ertrages der angebauten Kulturpflanzen ab?

Material und Methoden

Der Versuch ist für vier Jahre (7/2007 – 7/2011) konzipiert. Im Juli 2007 wurde nach Drusch der Vorfrucht Sommergerste auf einer Praxisfläche (Ut4 bzw. Tu4) der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen (650 mm; 8,5 °C), dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel, ein einfaktorieller Feldversuch als randomisierte Blockanlage mit vier Feldwiederholungen angelegt. Verglichen werden in einer marktfruchtbetonten Fruchtfolge (So-Gerste-Wi-Weizen-Triticale-Wi-Erbse/Triticale) eine Variante der Bodenbearbeitung, die nach Drusch der jeweiligen Marktfrucht gänzlich auf tief wendende Bodenbearbeitung verzichtet („Stoppelhobel“) und nur max. 12 cm tief in den Boden eingreift, mit der Variante („Praxisüblich“), die durch 2-malige Stoppelbearbeitung mit Grubber und anschließenden Pflugeinsatz (25 cm tief) charakterisiert ist. Die Kontrolle stellt ein dreijähriger Luzernegrasanbau dar. Die Parzellengöße beträgt 15 m x 100 m (Stoppelhobel; Praxisüblich) bzw. 12 m x 100 m (Luzerne-Grasgemenge). Vor der Ertragserhebung der Druschfrüchte Winterweizen und Triticale (Ertrag, TKM) wurde in den Beständen bislang in drei Jahren (2007-2009) die Fläche der Distelnester und die Bestandesdichte repräsentativer Distelflächen mittels GPS bzw. Auszählen aufgenommen. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Statistik-Software SAS 9.2 (Littell et al. 2006).

* Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Frankenhausen 1, 34393 Grebenstein, thaase@wiz.uni-kassel.de, <http://www.agrar.uni-kassel.de/foel/>

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

Ergebnisse und Diskussion

Das Bodenbearbeitungsverfahren hatte in beiden Jahren signifikanten Einfluss auf den Ertrag der Druschfrüchte Winterweizen (2008) und Triticale (2009). Das praxisübliche Verfahren mit zweimaliger Stoppelbearbeitung und folgender Grundbodenbearbeitung mittels Pflug erzielte die höheren Erträge in beiden Kulturen als die Variante Stoppelhobel (Tab. 1a) Da sich diese Unterschiede in keinem Jahr auf Unterschiede im Tausendkorngewicht zurückführen ließen (Tab. 1b), muss der Ertragsunterschied auf eine unterschiedliche Anzahl Ähren tragender Halme oder Körner pro Ähre zurückgeführt werden. Die hohe Konkurrenzkraft der Triticale (cv. Benetto) mag ein Grund dafür sein, dass im Jahr 2009 eine geringere Bestandesdichte der Ackerkratzdisteltriebe im Vergleich zu 2008 (Tab. 1c) gemessen wurde (signifikanter Einfluss des Anbaujahres).

Mit keinem der beiden geprüften Ansätze ließ sich die Ausbreitung der Ackerkratzdistel verhindern, wobei die relative Zunahme der Distelnesterfläche von 2007 auf 2008 nach 3 x Stoppelhobel höher war als nach Grubber-Grubber-Pflug, während von 2008 auf 2009 das umgekehrte Phänomen zu beobachten war. (Tab. 1d). Ob die konkurrenzstarke Kultur Wintererbse/Triticale-Gemenge (55/130 kf. K. m⁻²) in der Lage ist, hier eine Trendwende zu schaffen, werden die noch (Stand 6/2010) ausstehenden GPS-Vermessungen der Nester im August 2010 zeigen. Während der beiden ersten Feldfutterjahre wurden überhaupt keine Disteltriebe in dem sehr dichten Luzerne-Gras (Ansaat: 80 % Luzerne; 20 % Gras) beobachtet, im dritten Jahr (2010) nun zeigt sich eine zunehmende Vergrasung der Luzerne und ein insgesamt lückigerer Bestand. Der im Wirtschaftsjahr 2010/11 folgende Anbau von Winterweizen in *allen* Parzellen (Stoppelhobel; Praxisüblich; Luzernegras) erlaubt den Vergleich der Wirksamkeit der Bodenbearbeitung zur Distelkontrolle gegenüber dem mehrjährigen Feldfutterbau.

Tab. 1: Ertrag, Tausendkornmasse der Druschfrüchte und die Entwicklung der Ackerkratzdistel

	Winterweizen 2008		Triticale 2009	
	Stoppelhobel	Praxisüblich	Stoppelhobel	Praxisüblich
a) Kornertrag [dt ha ⁻¹]	34,8 b	42,3 a	32,5 ns	35,4
b) Tausendkornmasse [g]	47,8 ns	49,4	43,5 ns	43,4
c) Bestandesdichte Distel [Triebe m ⁻²]	49,7 ns	53,0	33,5 ns	34,1
d) relative Zunahme der Distelnesterfläche [%]	+207	+53	+71	+126

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante (Tukey-Test bei p<0,05) Unterschiede zwischen den beiden Mittelwerten (Strategien) innerhalb eines Jahres; ns= nicht signifikant

Literatur

- Donald W.W. 1990: Management and Control of Canada Thistle (*Cirsium arvense*). Reviews of Weed Science 5: 193-250.
- Hartl W. 2003: Evaluierung verschiedener nichtchemischer Regulierungsmaßnahmen bei der Ackerkratzdistel mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelökologie. In: Böhm et al. (Hrsg.) Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau. Landbauforschung Völkenrode SH 255: 19.
- Littell R.C., Milliken G.A., Stroup W.W., Wolfinger R.D., Schabenberger O. 2006: SAS for Mixed Models. 2nd ed. SAS Publishing, Cary, NC, USA.

Prüfung verschiedener Unkrautregulierungsmaßnahmen bei Kurzumtriebshölzern in der Phase der Bestandesetablierung

Ralf Kurasch, Kristin Nerlich, Frieder Seidl*, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Kurzumtriebshölzer, wie Pappeln und Weiden, reagieren im ersten Standjahr sehr empfindlich auf die Konkurrenz durch Begleitwuchs (Unkraut). Dies kann zu reduziertem Wachstum bis hin zu einem Totalausfall des Bestandes führen. Für eine erfolgreiche Etablierung sind daher wirksame Maßnahmen der Begleitwuchsregulierung notwendig (Hofmann 2007). Im Bereich der Energiehölzer sind allerdings nur wenige Herbizide zugelassen. Zudem fehlen gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse zu deren Wirkung auf Kulturpflanze und Unkraut (Rosner 2009).

Ziel des Versuches war es, die Einflüsse verschiedener Unkrautregulierungsmaßnahmen auf die Kulturpflanze (Pappel und Weide), den Begleitwuchs und Laufkäfer zu untersuchen, sodass im Anschluss wissenschaftlich fundierte Empfehlungen über die Durchführung von Maßnahmen zur Begleitwuchsregulierung für die Praxis ausgesprochen werden können.

Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden auf der Versuchsstation Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø mittlerer jährl. Niederschlag 693 mm, Ø mittlere Jahrestemperatur 8,1 °C) der Universität Hohenheim Weideklone (*Salix*) der Sorte „Tordis“ mit einem Abstand von 2 m x 0,5 m im Frühjahr 2010 gepflanzt. Die Pflanzung der Pappelklone (*Populus*) der Sorte „AF2“ mit einem Pflanzabstand von 2 m x 0,7 m erfolgte zur gleichen Zeit auf der Versuchsstation Stifterhof bei Odenheim (49° 10' N, 8° 46' E, 165 m ü. NN, Ø mittlerer jährl. Niederschlag 805 mm, Ø mittlere Jahrestemperatur 9,8 °C) des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg.

Beide Versuche wurden als Spaltanlage mit 24 Varianten in drei Wiederholungen, insgesamt 72 Parzellen, angelegt. Diese setzen sich aus drei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten zusammen: 1. Grundbodenbearbeitung mit anschließender Winterbegrünung (*Lolium perenne* cv. „Kabota“), 2. Pflugfurche im Herbst mit anschließender Pflanzbettbereitung im Frühjahr und 3. keine Bodenbearbeitung. Zusätzlich wurden acht verschiedene chemische und mechanische Unkrautregulierungsmaßnahmen durchgeführt. Diese waren: drei flächige Herbizidanwendungen mit Prüfmitteln, drei Bandspritzungen mit Prüfmitteln und verschiedene Methoden der mechanischen Unkrautregulierung zwischen den Reihen sowie eine mechanische Regulierung durch Holzhackschnitzel bzw. Mulchfolie oder Mähen. Als Vergleich diente eine Nullvariante ohne Unkrautregulierung. Die unterschiedlichen Herbizide wurden im Vorauflauf (Terano, Stomp Aqua, Mais Ter, Sencor WG) im Anschluss an die Pflanzung sowie im Nachauflauf (Fusilade Max, Lontrel 100, Betanal, Round Up, Aramo) elf Wochen nach der Pflanzung ausgebracht.

In vorgegebenen Abständen zu den Herbizidbehandlungen wurden Bonituren des Begleitwuchses durchgeführt sowie die Anwuchsrate und Höhe der schnell

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, E-mail: kurasch@uni-hohenheim.de

* Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (Forchheim), Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten

wachsenden Gehölze bestimmt.

Für die Erhebung der Laufkäfer wurden Barberfallen bei zwei Unkrautregulierungsmaßnahmen (flächige Herbizidanwendung, Bandspritzung) und zum Vergleich bei der Nullvariante aufgestellt. Die Leerung der Fallen erfolgte in regelmäßigen Abständen zwischen Mai und Juni. Die Laufkäfer wurden anschließend aus den gesammelten Insekten selektiert gezählt und es wurde eine Artbestimmung durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abbildung 1 dargestellt, fiel die Anzahl der Arten des Begleitwuchses für die ersten drei Varianten (Flächige Herbizidanwendung) mit 2 bis 4 Arten gering aus, für die nächsten drei Varianten (Bandspritzung) mittelmäßig zwischen 3 und 10, für die Variante 7 (Mulchfolie bzw. Mähen) und 8 Nullvariante hoch, abgesehen von der Bearbeitung mit Pflug, nämlich zwischen 9 und 12 Arten. Ähnlich sah das Ergebnis für den Weideversuch aus, allerdings ohne den starken Effekt bei der Pflugbehandlung. Da sich die Begleitflora positiv auf Boden und Fauna auswirken kann, ist eine möglichst hohe Bodenbedeckung bei möglichst geringem negativem Einfluss auf die Kulturart angestrebt. Die Pflanzenhöhe wurde von der Bearbeitung mit dem Pflug positiv beeinflusst. Keine Bodenbearbeitung und Winterbegrünung wirkten sich negativ auf die Pflanzenhöhe aus. Im Weidenversuch gab es keine Unterschiede in der Pflanzenhöhe.

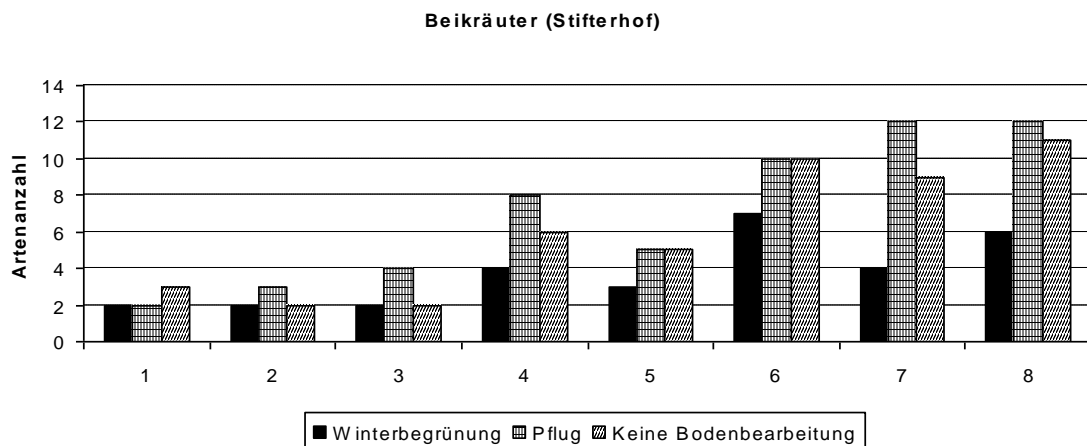


Abb. 1: Anzahl des unterschiedlichen Begleitwuchses im Pappelbestand, für die drei unterschiedlichen Bodenbearbeitungen und 8 verschiedenen Unkrautregulierungsmaßnahmen. (1-3) flächige Herbizidanwendung, (4-6) Bandspritzung, (7) Mulchfolie bzw. Mähen, (8) Nullvariante

Literatur

- Hofmann M. 2007: Schnellwachsende Baumarten - Lösungen und Probleme. In: Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 31, Symposium Energiepflanzen 2007.
- Rosner J. 2009: Energieholz aus Kurzumtriebsfläche. URL: <http://www.landimpulse.at/agroinnovation/kurzumtrieb/Energieholz%20aus%20KurzumtriebsflaechenTopAgrar.pdf> (Stand 15.07.2009).

Wirksamkeit ausgewählter Fungizidkombinationen auf den Krankheitsbefall, den Ertrag und die Qualitätsparameter in Winterweizen

Julia Henninger, Karin Hartung, Jochen Prochnow*, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Der chemische Pflanzenschutz, als wesentlicher Bestandteil des Bestandesmanagements, stellt für den Landwirt einen enormen Kostenfaktor in der Pflanzenproduktion dar und ruft in der Öffentlichkeit oftmals kritische Diskussionen hervor. Aus diesem Grund ist ein gezielter und rationaler Einsatz von Pflanzenschutzmitteln notwendig. Um praktizierenden Landwirten hinsichtlich eines optimalen Fungizideinsatzes in Bezug auf Qualität, Ertrag und Wirtschaftlichkeit in Winterweizen Entscheidungshilfen an die Hand geben zu können, werden in Zusammenarbeit mit der BASF SE mehrortige Feldversuche durchgeführt.

Material und Methoden

An drei Standorten in Süddeutschland (Erlangen, Würzburg, Crailsheim) wurden in der Vegetationsperiode 2009/2010 Feldversuche in der Kultur Winterweizen durchgeführt. Als Sorten wurden „Inspiration“ in Erlangen, „Ritmo“ in Würzburg und „Manager“ in Crailsheim angebaut. Die Versuche waren als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt und bestanden aus 16 Fungizidvarianten. Die Varianten unterschieden sich in den applizierten Fungiziden, dem Applikationstermin sowie der Anzahl der Applikationen (Tab. 1). Die übrigen Maßnahmen der Bestandesführung erfolgten konstant über alle Parzellen eines Standortes.

Tab. 1: Detaillierte Beschreibung der Varianten

Var.	Mittel	Aufwand (kg/l ha ⁻¹)	Termin (BBCH)	Var.	Mittel	Aufwand (kg/l ha ⁻¹)	Termin (BBCH)
1	Kontrolle			11	Vsm. 1	1,50	31/32
2	Champion + Diamant	0,9 + 0,9	37/39		Vsm. 1	2,00	49/51
3	Vsm. 1	2,00	37/39	12	Flamenco + Bravo	1,5+1	31/32
4	Vsm. 1 + Diamant	1,5+0,75	37/39		Vsm. 1	2,00	49/51
5	Vsm. 2	3,00	37/39	13	Champion + Diamant	0,9+0,9	37/39
6	Caramba + Vsm. 0	1,5+2	37/39		Osiris	2,00	61
7	Aviator + Fandango	0,75+0,75	37/39	14	Champion + Diamant	0,9+0,9	37/39
8	Flamenco + Credo	1,5+1,5	37/39		Prosaro	1,00	61
9	Capalo	1,60	31/32	15	Champion+Diamant	0,9+0,9	37/39
	Champion + Diamant	0,9 + 0,9	49/51			Taspa	0,50
10	Capalo	1,60	31/32	16	Vsm. 1	2,00	37/39
	Vsm. 1	2,00	49/51			Osiris	2,00

Im Verlauf der Vegetationsperiode wurde die durch auftretende Krankheiten befallene Fläche je Gesamtpflanze in wöchentlichem Abstand geschätzt. Die Anzahl an ährentragenden Halmen m⁻² als ein wesentlicher Ertragsparameter wurde mit Hilfe eines Göttinger Schätzrahmens gezählt. Nach der Ernte wurden sowohl der

Kornertrag, die Anzahl an Körnern je Ähre sowie die Tausendkornmasse und die Qualitätsparameter Fallzahl, Sedimentationswert und Rohproteingehalt bestimmt. Die Versuche wurden mit SAS Proc mixed (vs. 9.2) statistisch verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf den Standort Crailsheim. Dort trat im Gegensatz zu den übrigen Standorten Mehlnaubefall (*Erysiphe graminis*) auf.

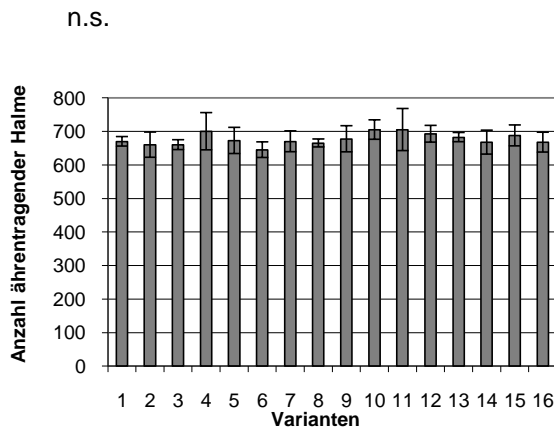


Abb. 1: Anzahl ährentragender Halme m⁻²

niedrige Befallswerte vorlagen und die Pflanzen dadurch keinem Stress ausgesetzt waren.

Der Ertragsparameter ährentragende Halme m⁻² wies über die Behandlungen hinweg keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 1). Die früheste Fungizidbehandlung fand in BBCH 30/32 statt. Zu diesem Zeitpunkt war die Bestockung des Weizens schon abgeschlossen. Zudem fand eine Infektion mit Krankheitserregern aufgrund der kühlen Witterung im Frühjahr erst sehr spät statt, sodass in allen Varianten sehr lange

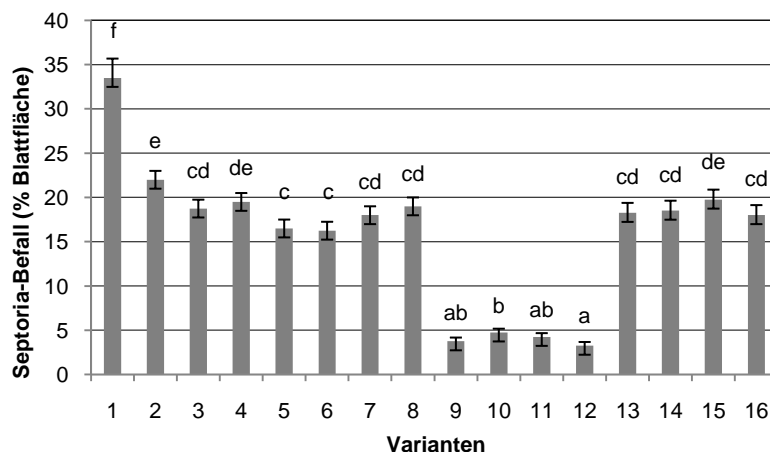


Abb. 2: Septoria-Befall (% Fläche je Gesamtpflanze) in BBCH 67

Der Septoriabefall (*Septoria tritici*) nahm im Verlauf der Vegetationsperiode stark zu. In BBCH 67 wurden in der Kontrolle 33 % Befall festgestellt. Als besonders gering befallen, fallen die Varianten neun bis zwölf auf (Abb. 2). Mit einer Fungizidvorlage in BBCH 31/32 konnte eine Septoria-Infektion weitestgehend verhindert werden. Mit einer zweiten Applikation in BBCH 49/51 konnte die weitere Ausbreitung des Pilzes effektiv verhindert werden.

Effect of different fungicides and growth regulators on seed yield and grain quality of rapeseed (*Brassica napus* L.)

Mohammad Ijaz and Bernd Honermeier

Introduction

Chemical growth regulations are used in rapeseed to achieve some of the growth targets which are required for potential yield. Triazole fungicides are currently used on oilseed rape in Europe for both their fungitoxic and growth regulatory properties. Triazoles affect the isoprenoid pathway and alter the levels of certain plant hormones by inhibiting gibberellins synthesis, reducing ethylene evolution and increasing cytokinin levels (Berry et al. 2009). Triazole and strobilurin treatments associated various morphological and physiological changes in various plants; including inhibition of plant growth, decrease in internodal elongation, increased chlorophyll levels, enlarged chloroplast, thicker leaf tissue, increased root to shoot ratio, increased antioxidant potentials and enhancement in alkaloid production. The inhibition of stem and leaf growth by plant growth retardants can alter the canopy architecture of oilseed rape and improve production efficiency. Plant growth retardants also diminish the risk of early lodging, and induce a degree of frost tolerance in winter rapeseed (Zhou et al. 1996). Keeping the above points in view present study was designed and carried out to investigate the impact of foliar application of fungicides and growth regulators on seed yield and grain quality of winter rape seed (*Brassica napus* L.) under field conditions.

Materials and Methods

Field experiments were carried out in 2008 and 2009 at the research stations in Gießen (25.3mg P, 14.7mgK/100g, pH 6.7) and Rauischholzhausen (27.5mg P, 16.7mgK/100g, pH 6.3). The experiments were designed as RCBD with four replications. Cultivar “Elektra” was planted in 1.5 x 7.0 m² plots maintaining 45 plants per m². Ten different fungicides and growth regulators, Difenoconazole + Paclobutrazole, (125 g ha⁻¹ + 62.5 g ha⁻¹), Prothioconazole + Tebuconazole, (83.3 g ha⁻¹ + 83.3 g ha⁻¹), Tebuconazole (251.2 and 167.5g ha⁻¹), Prothioconazole (125 g ha⁻¹), Metconazole (60 g ha⁻¹), Flusilazole + Carbendazim, (166.7 g ha⁻¹ + 83.3 g ha⁻¹), Azoxystrobin (250 g ha⁻¹), Boscalid + Dimoxystrobin (100 g ha⁻¹ + 100 g ha⁻¹), Boscalid (250 g ha⁻¹), and Trinexapac + Ethylester (111 g ha⁻¹ + 125 g ha⁻¹) were applied in different combinations at two different growth stages. Data on growth and yield parameters were recorded using standard principles and procedures. Leaf area index (LAI) was recorded weekly from BBCH 20 till maturity. Soxhlet method was used to determine oil content in the seeds whereas GC was used to analyse fatty acid composition of rapeseed oil. Statistical package PIAF (Program Information Auswertung Feldversuche) was used for checking the significance of the different treatments, whereas LSD at 5 % probability level was used for studying the difference between different experimental treatments.

Results and Discussion

Fungicide and growth regulator treatments induced non-significant differences between seed yields in Gießen but in Rauischholzhausen significant effects were observed for this parameter. Moddus + Cantus application performed better at both

experimental stations and produced maximum value of 1000-seed weight and seed yield (56.6 dt/ha) when compared with that of other treatments in Rauschholzhausen. Same treatment increased number of branches per plant, number of pods per plant, 1000-seed weight on one hand and decreased plant height on the other at experimental station, Gießen. Application of Caramba resulted in production of minimum seed yield (54.5 dt/ha) in Gießen, whereas Toprex was found to be the reason of lowest seed yield (53.0 dt/ha) in Rauschholzhausen. A positive correlation of the growth regulator (Moddus) with seed yield components of winter rape was observed at both locations.

Table 1: Effect of different fungicide applications on seed yield and oil content of rapeseed, field experiments in Gießen and Rauschholzhausen, 2009

Fungicide	Gießen		Rauschholzhausen	
	Seed yield (dt/ha)	Oil content (%)	Seed yield (dt/ha)	Oil content (%)
Control	56.7	46.3	53.7	47.8
Folicur	56.1	45.8	54.0	47.6
Caramba	54.5	47.1	54.1	47.8
Cantus	58.9	46.2	54.1	48.1
Prosaro	57.6	46.0	53.8	48.2
Proline	55.8	46.1	55.8	47.8
Harvesan	56.0	46.3	55.9	47.8
Moddus + Cantus	57.2	44.3	56.6	48.2
Moddus	55.5	45.9	54.9	48.1
Ortiva	58.9	45.3	54.7	48.1
Toprex	56.7	45.8	53.0	48.3
Toprex + Ortiva	58.9	46.4	56.3	47.7
Folicur + Ortiva	58.7	46.1	56.5	47.7
Caramba +Ortiva	56.9	44.8	56.0	46.8
p Value	0.902	0.038	0.035	0.043
LSD (0.05)	NS	1.36	2.35	0.75

The study showed a significant effect of the fungicides used as experimental treatments on oil content of rapeseed at both the experimental stations. Maximum oil contents (47,1 %) were observed in case of application of Caramba, whereas a combination of Moddus + Cantus resulted in the production of minimum value of oil content (44,3 %) in comparison with that of other fungicidal and growth regulator treatments. In Rauschholzhausen higher value of oil content (48,3 %) was reported with application of Toprex, while minimum value (46,8 %) was observed with the application of Caramba + Ortiva. Triazole fungicide (Toprex) showed positive effects on the oil content of rapeseed at both experimental stations. It was observed that application of fungicides and growth regulators at both green floral bud (pre-flowering) stage (BBCH 52) and on the course of pod development stage (BBCH 65) induced seed yield clearly as compared to that of control at both locations. The results show that fungicides and growth regulators have the potential to improve several key aspects of growth that are believed to restrict current farm yield.

Literature

- Berry P.M., Spink J.H. 2009: Understanding the effect of a triazole with anti- gibberellin activity on the growth and yield of oilseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 147: 273-285.
 Zhou W.J., Ye Q.F. 1996: Physiological and yield effects of uniconazole on winter rape (*Brassica napus* L.). J Plant Growth Regul. 15: 69-73.

Effect of different fungicides on fungal infection, seed yield and quality of anise (*Pimpinella anisum* L.)

Habib Ullah and Bernd Honermeier

Introduction

Anise (*Pimpinella anisum* L.) is an important spice and medicinal plant which is used for pharmaceuticals, perfumery and food industry. The drug as well as the essential oil is characterized by carminative, mild expectorant, diuretic, antiseptic, antispasmodic and antifungal effects (Bown 2001). In European countries consumption of anise fruits is more than its production so the amount of imported anise fruits reached about 2000 t in 2004 (Rapisarda 2004). Its fruits which are called aniseed contain around 1.5 to 5.0 % essential oil mainly composed of volatile phenylpropanoid like trans-anethole with more than 90 % (Tabanca et al. 2005). Aniseed plants can be infected by the fungal pathogen *Passolara malkoffii*. The symptoms are characterized by cylindrical light brown spots with dark veins and later the whole leaf can be colored brown. The infection starts at the lower parts of the plants at the underside of the leaves. Later the leaves, stems, flowers and seeds will be infected. The seed get dark color which comes from stomata of the fungus. So for that reason the objective of the present investigation was to evaluate the efficacy of various fungicides against the fungal infection under the ecological conditions (Hessen) in Germany.

Materials and Methods

The field experiment was carried out in 2009 at the research station in Groß-Gerau (49°45'N and 8°29'E, 90.7 m above sea level, sandy soil, pH 6.4, mean air temperature: 9.4°C, mean precipitation: 590 mm/year). The experiment was established as randomized complete block design (RCBD) with four replications. Two cultivars Enza Zaden and Pharmasaat were planted in 1.5 x 7.0 m² plots maintaining eight rows with row spacing 18.7 cm. 12 kg/ha seed rate was used. Five different fungicides were used: Folpet + Metalaxyl- M (2kg/ha), Azoxystrobin + Difenconazol (2x1.0 L/ha), Mancozeb + Diemethomorph (2kg/ha), Propamocarp (3 L/ha) and Fosetyl (3kg/ha) which were applied at different growth stages. After germination of anise 40 kg N/ha (NH₄NO₃ + CaCO₃) were applied. Before sowing the soil was fertilized with 54 kg/ha P and 162 kg/ha K. The herbicide Bandur (Aclonifen) with 3 L/ha was applied to control weeds. During cultivation anise plants were irrigated 2 times (20 mm and 20 mm). The harvest was made by sthreshing combine at the time of full ripeness of the fruits. Anise fruits were hydro-distilled for two hours using a distillatory apparatus of Neo-Clevenger. The essential oil was analyzed by GC (Varian CP-3800) equipped with flame ionization detector (GC-FID). A capillary column DB - 5 (30 m x 0.25 mm i.d. and 0.25 µm coating thickness) was used for the separation of individual components of essential oil.

Results and Discussion

The disease infection (1-9) increased from 2.0 (June 10th) until 7.5 (July 29th) in plots without fungicide application. Only the application of Folpet + Metalaxyl-M (no. 2) and Azoxystrobin + Difenconazol (no. 3) led to reduced infection level which caused improved performance of anise. The 1000-fruit weight (TFW) of anise was affected by varying fungicide applications. Highest TFW of 2.5 g was observed by application

of Folpet + Metalaxyl-M, whereas significantly lower value of 1.9 g was induced by application of Azoxystrobin + Difenconazol (table 1).

Table 1: Effect of different fungicides on 1000-fruit weight (g), seed yield (dt/ha), essential oil (%), and trans-anethole (%) of two cultivars of *Pimpinella anisum* L. (Gross-Gerau-2009).

Parameters	Cultivars	1	2	3	4	5	6	Mean
1000-fruit weight g	Enza zaden	2.40	2.40	2.00	2.00	2.30	2.00	2.20
	Pharmasaat	2.30	2.50	1.80	2.10	2.20	2.00	2.10
	Mean	2.30	2.50	1.90	2.00	2.20	2.00	
p Value	Fu, 0.0043, Cv, 0.8786, Fu x Cv, 0.8264, LSD _{5%} : Fu, 0.28							
Fruit yield dt/ha	Enza zaden	6.3	9.3	9.8	7.5	7.1	7.2	7.9
	Pharmasaat	7.5	10.9	9.3	8.2	7.3	7.2	8.4
	Mean	6.9	10.1	9.5	7.9	7.2	7.2	
p Value	Fu, <.0001, Cv, 0.1196, Fu x Cv, 0.3944, LSD _{5%} : Fu, 1.1							
Essential oil %	Enza zaden	2.60	2.97	2.59	2.62	2.62	2.62	2.67
	Pharmasaat	2.74	2.50	2.46	2.60	2.57	2.67	2.59
	Mean	2.67	2.74	2.53	2.61	2.60	2.65	
p Value	Fu, 0.5048, Cv, 0.2082, Fu x Cv, 0.1181, LSD _{5%} : NS							
Trans-anethole %	Enza zaden	90.9	90.7	90.9	90.9	90.6	91.5	90.9
	Pharmasaat	90.7	90.9	90.9	90.7	91.0	90.8	90.8
	Mean	90.8	90.8	90.9	90.8	90.8	91.2	
	Fu, 0.5713, Cv, 0.6045, Fu x Cv, 0.1857, LSD _{5%} : NS							

Fu: Fungicides, Cv: Cultivars, LSD: Least Significant Difference, 1: Control, 2: Folpet + Metalaxyl- M (2kg/ha), 3: Azoxystrobin + Difenconazol (2x1.0 L/ha), 4: Mancozeb+ Diemethomorph (2kg/ha), 5: Propamocarp (3 L/ha), 6: Fosetyl (3kg/ha).

The applied fungicides significantly affected the fruit yield of anise. Maximum fruit yield of 10.9 dt/ha recorded by application of Folpet + Metalaxyl-M (no. 2) followed by 9.5 dt/ha induced by Azoxystrobin + Difenconazol (no. 3) which were significant higher in comparison with control (6.3 dt/ha). The fungicides applied in treatment no. 4, 5 and 6 had neither an effect on disease infection nor on the fruit yield. In the present study within all treatments essential oil concentration of aniseed ranged from 2.5 to 3.0 % which corresponds to the findings of other field experiments (Orav et al. 2008). No significantly effects on essential oil concentration by cultivars and fungicide application could be observed. The main compound of the essential oil in anise is trans-anethole which reached a high level of around 90 %. The percentage of trans-anethole was constant in all samples and not affected by the applied fungicides.

References

- Bown D. 2001: *Encyclopedia of Herbs and their Uses*. The Herb Society of America, Darling, Kindersley, London.
- Orav A., Raal A., Arak E. 2008: Essential oil composition of *Pimpinella anisum* L. fruits from various European countries. *Natural product Res.* 22(3): 227-232.
- Tabanca N., Demirci B., Kirimer N., Baser K.H.C., Bedir E., Khan I.A., Wedge D.E. 2005: Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of essential oil from *Pimpinella* species gathered from central and northern turkey. *J. Chromatogr. A* 1117: 194-205.

Rechtliche und agronomische Aspekte bei der Auswahl von Pflanzgut, im Speziellen von einjährigen bewurzelten Pappelschösslingen zur Holzproduktion im Kurzumtrieb in Österreich

Peter Liebhard, Christine Knust, Karl Refenner, Helmut Wagentristl* und Ferdinand Deim**

Einleitung

Zur Förderung der Produktion nachwachsender Rohstoffe gibt es einerseits Vorgaben der Europäischen Union sowie andererseits unterschiedliche nationale rechtliche Rahmenbedingungen in den Mitgliedsländern. Das Ziel der neuen RL 2009/28/EG ist neben der Schaffung eines gemeinsamen Rahmens die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger auf 20 % (Österreich: 34 %) des Gesamtendenergieverbrauches bis zum Jahr 2020.

Die Holzproduktion im Kurzumtrieb ist mit wesentlichen Vorgaben der Nachhaltigkeitskriterien vereinbar, verursacht jedoch für den Betreiber erhebliche Kosten bei der Bestandesbegründung. Lückige Bestände führen über die gesamte Nutzungsdauer zu Ertragsverminderungen. Bei einigen Sorten kommt es trotz hochwertigem Pflanzgut und günstigen Lagerungsbedingungen der Steckhölzer bis zur Auspflanzung (Kühlkette) nur zu geringen Anwuchsraten. Zusätzlich kommt es auf leichten Böden und oder bei längerer Frühjahrstrockenheit zu einem Absterben des bereits gebildeten Sprosses. Ursache ist meist die zu geringe Vitalität der Steckhölzer und eine schwache frühe Wurzelbildung, da das Spross- und Blattwachstum bei einigen Pappelklonen dem Wurzelwachstum stark vorausseilt. Einjährige Versuchsergebnisse mit rebschulartig vorgezogenen Pappelschösslingen bei Spätherbst- und Frühljahrsauspflanzung sollen die Vor- und Nachteile dieses Pflanzgutes im Vergleich zu praxisüblichen Steckhölzern aufzeigen.

Europäische Vorgaben und Prämien aus der Sonderrichtlinie (SRL) ÖPUL 2007 (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft)

Der Sortenschutz ist ein gewerbliches Schutzrecht, das die geistigen Eigentumsrechte an Pflanzensorten beinhaltet. Er unterscheidet sich grundsätzlich von der Sortenregistrierung bzw. Sortenzulassung. Die Eckpunkte zur Regelung des Sortenschutzes sind durch multilaterale Verträge vorgegeben (DEIM et al. 2010). Die konkrete legislative Ausgestaltung des Sortenschutzes erfolgt parallel durch EU-Recht sowie nationales Recht. Die Sortenschutzregelung der EU (gemeinschaftlicher Sortenschutz) wird durch die Verordnung 2100/1994 geregelt. Zur Sicherung einer hohen Qualität des Pflanzgutes und zum Schutz der Züchter soll Pflanzmaterial nur über den offiziellen Handel erworben werden. Die Verwendung von Steckhölzern, Schösslingen und Steckruten (Setzstangen) aus „Eigenem Nachbau“ ist bei sortengeschützten Klonen verboten (LEIDWEIN 2008). Zwischen der EG VO 73/2009 und der Österreichischen SRL ÖPUL 2007 gibt es bezüglich der Holzproduktion im Kurzumtrieb eine unterschiedliche Beurteilung der beihilfefähigen Hektarfläche. Die Holzproduktion ist auf EU-Ebene landwirtschaftliche Produktion, die SRL ÖPUL nimmt die Energieholzproduktion von der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus, wodurch sie aufgrund dieser Richtlinie nicht förderfähig ist.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Univ.f. BOKU, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

** Institut für Rechtswissenschaften, Univ. f. BOKU, Feistmantelstr. 4, 1180 Wien

Material und Methoden

Bei Weide und Pappel werden zur Bestandesbegründung überwiegend 20 cm lange Steckhölzer eingesetzt. Bei außergewöhnlichen Standortbedingungen oder erwarteten längeren Trockenperioden im Anlagejahr werden überlange Steckhölzer (20 bis zu 50 cm) oder Setzruten (ohne Seitenzweige, aber mit Gipfelknospe) aus einjährigen Aufwüchsen verwendet. Setzstangen von 2,0 bis 4,0 m Länge aus einem zwei- oder mehrjährigen Aufwuchs werden meist nur auf überschwemmungsgefährdeten Flächen in ca. 0,7 bis 1,5 m tiefe Pflanzlöcher händisch gesteckt.

Zur Beurteilung der Anwuchsrate und der Ertragsleistung wurden auf zwei klima- und bodenbezogen unterschiedlichen Standorten Versuche in dreifach wiederholter Split-plotanlage angelegt. Die Bruttoparzellen sind 5,0 bzw. 10,0 m lang und beinhalten 3 einreihige Pflanzreihen, wobei nur die Mittelreihe ausgewertet wird um die Randeinflüsse zu minimieren. Hauptfaktor des Versuchs ist Gegenüberstellung des Herbst- und Frühjahrspflanztermins (nur bei Schösslingen). Nebenfaktoren sind das Pflanzgut, wobei Steckhölzer, Setzruten, Setzstangen und Schösslinge eingesetzt wurden, sowie der Unterschied zweier Klone. Der Ertrag wurde nach Messen des D_{10} errechnet.

Tab. 1: Pappelpflanzgutarten für Kurzumtriebsflächen

Art des Pflanzgutes	Kriterien				Qualitätskriterien
	Alter	Wuchshöhe (cm)	Durchmesser (cm)	Pflanztiefe (cm)	
1-jähriger Schössling aus Steckholz	1-jährig	100 – 300	1,0 – 2,5	15 - 25	gerade, frisch, gesund, ohne Verzweigungen, Holz ausgereift, Rinde unverletzt
Steckholz	1-jährig	20	1,0 – 2,5	18 – 20	frisch, gesund, Rinde unverletzt
Steckrute	1-jährig	70 - 250	1,0 – 2,5	20 – 40	frisch, gesund, Rinde unverletzt
Setzstange	mehr-jährig	200 – 400	2,0 – 5,0	70 – 150	gerade, frisch, gesund, ohne Verzweigungen, Rinde unverletzt

Ergebnisse und Diskussion

Bei Verwendung von Steckhölzern als Pflanzgut für Kurzumtriebsflächen wurden im fünfjährigen Durchschnitt (2005 bis 2009) unter praxisüblichen Bedingungen und bei vorwiegend geschlossener Kühlkette des Pflanzgutes bis zum Feld Anwuchsraten bei Weidenklonen von 92 bis 97 % sowie bei Pappelklonen von 70 bis 95 % erreicht. Eine Sonderbehandlung des Pflanzgutes ist daher nur bei speziellen Pappelsorten erforderlich. Erwartungsgemäß kam es bei den Schösslingen zu unterschiedlichen Anwuchsraten; bei den Herbstauspflanzungen wurden 95 bis 97 % erzielt, bei der Frühjahrsauspflanzung wurden hingegen nur zwischen 80 und 88 % erreicht. Steckhölzer, Setzruten und Setzstangen wurden nur im Frühjahr ausgepflanzt und erzielten folgende Anwuchsraten: Steckhölzer 82,0 bis 90 %, Setzruten und Setzstangen 92,0 bis 98,0 %. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollen einjährige Schösslinge noch im Spätherbst, bei nicht stark gefrorenem Boden auch den Winter über, gepflanzt werden.

Modellgeschätzte Ertragsleistungen

Die höchsten Zuwächse mit bis zu 9.400 kg TM/ha/Jahr wurden bei Setzstangen und Schösslingen (relativ 100 %) erreicht. Setzruten erzielten 88 bis 92 % und auf Parzellen mit Steckhölzern wurden 70 bis 85 % Biomasse (im Vergleich zu den Schösslingen) erzielt.

Projektentwicklung: Solare Trocknung von Biomasse aus Schnitt- und Rodungsholz

J. Schalk, G. Reisinger, R. Pude* und J. Müller**

Einleitung

Die zunehmende, weltweite Verknappung der Energieressourcen und der damit einhergehende Preisanstieg hat in Deutschland seit 1995 zu einer Erhöhung der Bioenergienutzung um ca. 350 % geführt. Der Anteil biogener Festbrennstoffe an der gesamten bereitgestellten Primärenergie lag 2005 bei 44 % (Hartmann et al. 2007).

Um einer Verknappung holzartiger Biomasse entgegenzuwirken, wird im Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe der Universität Bonn die Eignung und Nutzbarmachung von Schnitt- und Rodungsholz aus Obstbaum- und Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Verwertung untersucht. Dies geschieht im Rahmen des aus EU-Mitteln finanzierten Regionale 2010-Projektes „:agrohort“.

In dem Teilprojekt „agrohort solar“ wird zur Aufbereitung des Schnitt- und Rodungsholzes ein solarer Hackschnitzeltrockner entwickelt. Mit dem Ziel, eine unabhängige Wärmeversorgung für das Außenlabor Campus Klein-Altendorf der Universität Bonn zu erreichen, soll dieses Brennmaterial anschließend dem derzeit in der Planung befindlichen BHKW zugeführt werden.

Anforderungen an den Solartrockner sind ein konstruktionstechnisch möglichst einfacher, wenig kostenaufwendiger und für die genannten Anwendungsgebiete praktikabler Aufbau. Bislang wird Biomasse aus Obstplantagen, abgesehen von der Scheitholznutzung, nicht verwendet. Um diese neuen Biomassepotenziale zu erschließen und um eine bessere Einschätzung der Realisierbarkeit dieses Vorhabens zu erzielen, sind im Vorfeld Versuche zur Holzernte, -zerkleinerung, -lagerung und -aufbereitung durchzuführen, die im Folgenden näher erläutert werden.

Material und Methoden

Für den ersten Versuch wurde jährlich anfallendes Schnittholz aus der standorteigenen Apfelbaumplantage mit Hilfe eines an einen landwirtschaftlichen Schlepper angehängten Schnittholzsammlers in einem Arbeitsgang eingesammelt, zerkleinert und in Großkisten eingelagert. Der Versuch wurde in zwei Durchgängen mit jeweils drei Wiederholungen durchgeführt, wobei Zapfwellendrehzahl und Fahrgeschwindigkeit variiert wurden, um Auswirkungen auf die Größe der Hackschnitzel zu untersuchen.

In Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim werden zwei Versuchsreihen zur Lagerung und Aufbereitung des Schnittholzes durchgeführt.

Durch Aufschüttung erntefrischen Brennmaterials kann es durch die Verdunstung des gebundenen Wassers, Bakterien- und Schimmelpilzbildung sowie Zersetzung des qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffes Cellulose zu einer Temperaturerhöhung und ggf. einer Selbstentzündung kommen. Um diese Temperaturbereiche näher bestimmen, Einflussfaktoren identifizieren und die optimale Qualität gewährleisten zu können, wird derzeit ein Modell entwickelt, welches das Innere einer Holzschüttung repräsentiert und in dem relevante

* Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe der Universität Bonn, Campus Klein-Altendorf 2, 53359 Rheinbach

** Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Garbenstr.9, 70599 Stuttgart

Parameter wie Temperatur, Feuchte und Luftgeschwindigkeit gemessen und aufgezeichnet werden.

Zur Ermittlung einer geeigneten Luftführung im Solartrockner wird in einer zweiten Versuchsreihe mit der Universität Hohenheim der Strömungswiderstand von Holzschüttungen unterschiedlicher Zusammensetzung untersucht. In einem Laborprüfstand wird hierzu der Druckverlust in unterschiedlicher Schütthöhe in Abhängigkeit des Volumenstroms gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Aus dem zuvor beschriebenen Versuch zur Sammlung und Zerkleinerung von Schnittholz konnte ein Ertrag von ca. 500 bis 1.000 kg/ha ermittelt werden. Auswirkungen durch Variation der Fahrgeschwindigkeit und Zapfwelldrehzahl konnten noch nicht festgestellt werden. Eine exakte Validierung und Einteilung in Korngrößenklassen nach CEN/TS 14961 ist derzeit in Vorbereitung.

Der Versuchsstand zur Bestimmung der Qualitätsänderung und Temperatur- und Feuchteentwicklung in einer Hackschnitzelschüttung befindet sich derzeit noch in der Entwicklung und wird in etwa Abbildung 1 entsprechen. Die Schüttung wird in einen wärmeisolierten Silo gefüllt. Ein um 90° schwenkbares Dach ermöglicht ein einfaches Be- und Entladen. Außerdem verfügt das Dach über einen Abzug, damit erwärmte Luft entweichen kann. Zur Abbrandvermeidung werden ein Radialventilator und eine Wasserverrieselung installiert. Das verrieselte Wasser wird nach Durchsickerung über einen Ablauf im Boden abgeführt.

Der Prüfstand zur Ermittlung des Strömungswiderstands wird derzeit an der Universität Hohenheim aufgebaut und geht in Kürze in Betrieb.

Literatur

Hartmann H. et al 2007: 2. Auflage. Handbuch Bioenergie Kleinanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.), Gülzow.

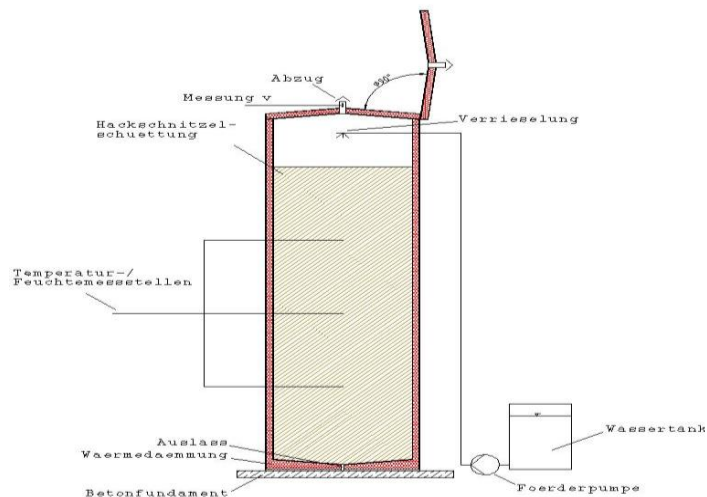


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Temperatur- und Feuchteentwicklung in Hackschnitzelschüttungen

Lumbricidenvorkommen unter schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb auf einer Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet

Anne-Kristin Schmitt*, Sabine Tischer**, Bodo Hofmann und Olaf Christen*

Einleitung

Der Rohstoff Holz erlebt eine Renaissance als Energieträger. Bezüglich der Nutzung von schnellwachsenden Baumarten zur Energiegewinnung liegt der Blickpunkt der Forschung zumeist auf pflanzenbaulichen, technologischen und energetischen Aspekten. Über die Auswirkungen des Anbaues von Energieholz auf das Lumbricidenvorkommen sind in der Literatur für die spezifischen Boden- und Klimabedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes bisher keine detaillierten Angaben zu finden.

Material und Methoden

In der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt (Bodenart: Ut4, Bodentyp: Normtschernosem) des Instituts für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurde im Jahr 2000 mit einem Langzeitversuch (Energiepark) zur Untersuchung von schnellwachsenden Bäumen zur Energiegewinnung in sogenannten Kurzumtriebsplantagen begonnen. Das langjährige Niederschlagsmittel (1896-1995) beträgt lediglich 484 mm. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 8,7 °C. Der Versuch besteht aus folgenden Varianten: zwei schnellwachsende Baumarten Korbweide (*Salix viminalis* spp.) und Pappel (*Populus nigra* spp.) und Ackernutzung (Fruchtfolge W-Raps/W-Weizen/Triticale). Nach einer Laufzeit von vier Jahren (Frühjahr 2004) wurde im Energiepark Bad Lauchstädt erstmals das Lumbricidenvorkommen ermittelt (DIN ISO 11268-3). Der Regenwurmfang erfolgte weiterhin im Herbst 2008 und Frühjahr 2009. Die Artenbestimmung wurde im Labor nach Sims und Gerard (1985) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Anbau von Energieholz im Kurzumtrieb führt zu Veränderungen in Artenspektrum und Dominanzstruktur der Lumbriciden (Abb. 1). Es treten insgesamt neun für Mitteleuropa typische Regenwurmarten auf. Jede Variante besitzt dabei eine spezifische Lumbricidenfauna. Aus der vormals arten- und individuenarmen Ackernutzung konnte sich unter den Gehölzen in kurzer Zeit eine an die Standortverhältnisse und die Nutzung angepasste Lumbricidenzönose entwickeln.

Weiterhin können zwischen den schnellwachsenden Baumarten Weide und Pappel signifikante Unterschiede an allen drei Probenahmeterminen hinsichtlich der Anzahl der Lumbriciden festgestellt werden (Tab. 1). Die Pappelnutzung weist 2004, 2008 und 2009 die höchste Individuendichte auf, gefolgt von Korbweide und Ackernutzung. Nach Ehrmann (1995) und Makeschin (1994) ist eine Zunahme der Regenwurmpopulation bei Nutzungsumstellung auch sehr wahrscheinlich, da ungünstige Lebensbedingungen (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz) für die Lumbriciden mit Beginn des Anbaus schnellwachsender Gehölze entfallen. Die Biomassen der Lumbriciden unter den Gehölzen verhalten sich nicht synchron ihrer

*Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischen Landbau,, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle (Saale), E-mail: anne-kristin.schmitt@landw.uni-halle.de

**Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Bodenbiologie und Bodenökologie

Abundanzwerte. Auf allen Varianten finden sich mehr juvenile als adulte Tiere. Dies deutet auf eine gute Reproduktionsrate hin.

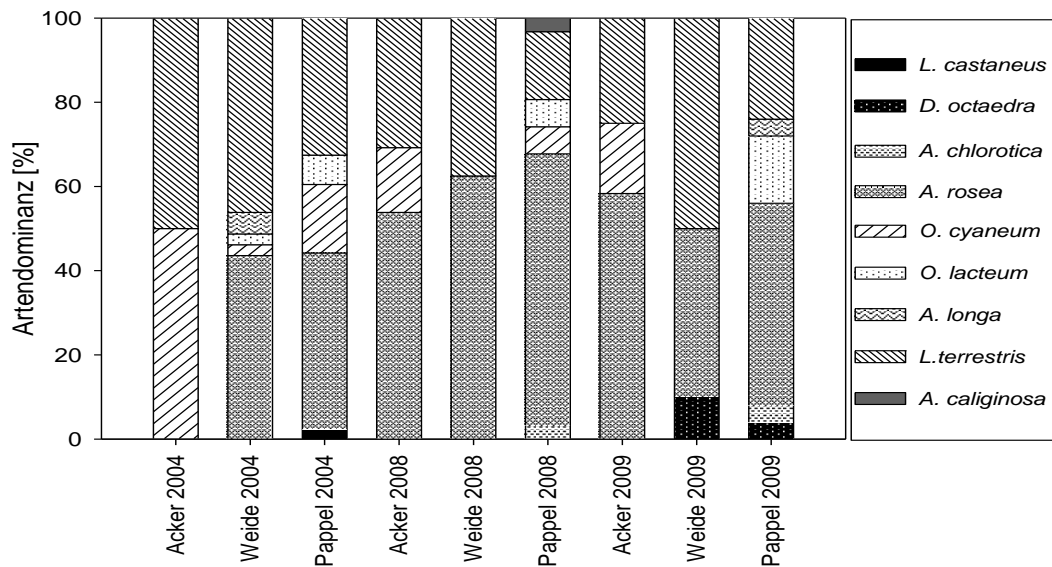


Abb. 1: Artenverteilung unter Acker, Weide und Pappel über die Jahre

Zwischen den Baumarten sind signifikante Unterschiede hinsichtlich der Lumbricidenabundanz und -biomasse erkennbar. Die Beprobung im Herbst 2008 und im Frühjahr 2009 zeigt für die Weide deutlich weniger Individuen und geringere Biomassen als im Jahr 2004, während unter Pappel ähnliche Abundanz vorzufinden sind. Eine Begründung für die Differenzierung zwischen den Baumarten findet sich möglicherweise in der Streuauflage (Korbweide 15,4 dt/ha TM, Pappel 39,4 dt/ha TM). Weiterhin kann vermutet werden, dass die Pappel neben der Streumenge für die Lumbriciden eine verbesserte Nahrungsqualität bietet. Über die Jahre stellt sich hinsichtlich Abundanz und Biomasse ein Gleichgewichtszustand ein.

Tab. 1: Regenwurmabundanz und -biomasse bei unterschiedlicher Nutzung

	Abundanz [Individuen m ⁻²]			Biomasse [g m ⁻²]		
	2004	2008	2009	2004	2008	2009
Acker adult	4	3	14	8,91	2,85	18,69
Acker juvenil	22	27	50	7,11	6,03	19,11
Acker gesamt	26 a A	30 a B	64 a B	16,02 a A	8,88 a A	37,80 a A
Weide adult	39	15	8	103,11	28,22	16,01
Weide juvenil	121	52	64	23,31	10,12	21,67
Weide gesamt	160 b A	67 a B	72 a B	126,42 b A	38,34 a AB	37,68 ab B
Pappel adult	42	11	30	73,31	11,67	25,09
Pappel juvenil	199	185	193	35,33	16,77	46,83
Pappel gesamt	241 c A	196 b A	223 b A	108,64 b A	28,44 b A	71,92 b A

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb eines Jahres (Kleinbuchstaben) und bei gleicher Variante zwischen den Jahren (Großbuchstaben)

Literatur

- DIN ISO 11268-3 2000: Bodenbeschaffenheit - Wirkung von Schadstoffen auf Regenwürmer - Anleitung für die Bestimmung von Wirkungen unter Freilandbedingungen.
- Ehrmann O. 1995: Regenwürmer und Regenwurmröhren bei Änderung der landwirtschaftlichen Nutzung. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 76: 581-584.
- Makeschin F. 1994: Effects of energy forestry on soils. Biomass Bioenergy 6: 63-79.
- Sims W., B.M. Gerard 1985: Earthworms - keys and notes for the identification and study of the species. Brill and Backhuys, London. 171 pp.

Zur Langzeitwirkung des Anbaus von Energieholz im Kurzumtrieb auf ausgewählte physikalische und biologische Bodeneigenschaften

Anne-Kristin Schmitt*, Sabine Tischer**, Bodo Hofmann und Olaf Christen*

Einleitung

In den vergangenen Jahren hat das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen zur Energiegewinnung stetig zugenommen. Dabei erlebt der Rohstoff Holz eine Renaissance als Energieträger. Hinsichtlich der Standortansprüche der Baumarten, der Anbautechnik, der Ertragsstruktur und der Ernteverfahren liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Mit der vorliegenden Studie sollen die Auswirkungen des Anbaus von Pappel, Weide, Robinie und Birke im Kurzumtrieb auf ausgewählte physikalische und biologische Bodeneigenschaften am Standort Dornburg mitgeteilt werden.

Material und Methoden

In der Versuchsstation Dornburg (Bodenart im Ap-Horizont: stark toniger Schluff, Bodentyp: Humusparabraunerde) der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) wurde 1993 ein Langzeitversuch zur Untersuchung der schnellwachsenden Baumarten Weide (*Salix viminalis* spp.), Pappel (*Populus nigra* spp.), Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Birke (*Betula verrucosa*) zur energetischen Nutzung angelegt. Als Referenzfläche für die vorgestellte Untersuchung dient eine Ackervariante (Kulturart: Sommergerste). Dornburg liegt am Südostrand des Thüringer Beckens, unmittelbar vor dem Steilabfall der Hochfläche zwischen Ilm und Saale zum Saaletal. Im langjährigen Mittel erreichen die Jahresniederschläge 596 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,8 °C.

Nach einer Laufzeit von 16 Versuchsjahren wurden im Kurzumtriebsversuch Dornburg erstmals physikalische (Trockenrohdichte (TRD); Din Iso 11272 (2001), gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf); Din 19683-9 (1998)) und biologische Bodenparameter ermittelt. Der mikrobielle Status (C_{mic}) der Böden wurde anhand des in der mikrobiellen Biomasse gebundenen Kohlenstoffs nach Anderson und Domsch (1978) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind Trockenrohdichte und gesättigte Wasserleitfähigkeit aller untersuchten Bodentiefen der fünf Varianten dargestellt. Nach 16 Versuchsjahren weisen die Baumarten im Vergleich zur Ackernutzung in 0-6 cm Bodentiefe infolge des mehrjährigen Lockerungsverzichts signifikant höhere Trockenrohdichten auf. Umgekehrt vermindert der Anbau von Weide, Pappel, Robinie und Birke die Wasserleitfähigkeit in der Krume. Die Dichtlagerung unter den Bäumen begründet sich durch das Eigengewicht des Bodens, den Einfluss von Niederschlagswasser (Schaaf 1998) und mechanische Belastungen bei der Bewirtschaftung (Rücknagel und Christen 2009). Insgesamt stellt sich so ein Kräftegleichgewicht zwischen den Belastungen und der Eigenstabilität des Bodens ein. Dagegen unterscheiden sich die Trockenrohdichtewerte in Unterkrume und Krumbasis nicht wesentlich. Als problematisch sind die

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischen Landbau, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle (Saale), E-mail: anne-kristin.schmitt@landw.uni-halle.de

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Bodenbiologie und Bodenökologie

geringen gesättigten Wasserleitfähigkeiten von $\leq 10 \text{ cm d}^{-1}$ unter der Weide in 24-30 und 32-38 cm Bodentiefe zu bewerten.

Tab. 1: Trockenrohdichte und gesättigte Wasserleitfähigkeit unter Weide, Pappel, Birke und Robinie im Vergleich zur Ackerfläche am Standort Dornburg

Parameter und Bodentiefe [cm]	Acker	Weide	Pappel	Birke	Robinie	
TRD [g cm^{-3}]	0-6	1,09 a A	1,27 b A	1,28 b A	1,23 b A	1,23 b A
	16-22	1,48 a B	1,46 a B	1,43 a B	1,47 a B	1,38 b A
	24-30	1,35 a C	1,44 a B	1,48 a B	1,50 a B	1,40 a A
	32-38	1,55 a B	1,51 a B	1,50 a B	1,49 a B	1,43 a B
kf [cm d^{-1}]	0-6	283 a A	67 a A	123 a A	109 a A	50 a A
	16-22	35 a AB	21 a A	56 a A	20 a AB	66 a A
	24-30	270 a A	10 a A	13 a A	141 a A	50 a A
	32-38	20 a B	7 a A	14 a A	13 a B	33 a A

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb einer Tiefe (Kleinbuchstaben) und bei gleicher Variante zwischen den Tiefen (Großbuchstaben)

Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen der Ackernutzung und den schnellwachsenden Baumarten Weide, Pappel, Birke und Robinie liegen für die mikrobielle Biomasse vor (Tab. 2). Die Energiehölzer sind dabei durch eine vierfach so hohe Menge an mikrobieller Biomasse in der Oberkrume gekennzeichnet. Die Messung des mikrobiellen Biomasse-C ergibt für die Gehölze eine deutliche Differenzierung zwischen Ober- und Unterkrume. In 0-5 cm Bodentiefe ist die mikrobielle Biomasse für Korbweide, Pappel, Birke und Robinie erhöht und nimmt mit der Tiefe kontinuierlich ab. Die Tiefenfunktion ist auf den verstärkten Anfall der Streu und die unterlassene Bodenbearbeitung zurückzuführen. Dadurch wird die organische Substanz nicht in tiefere Bodenschichten verteilt. Ähnliche Anreicherungen von C_{mic} in der obersten Bodenschicht finden sich auch an anderen Versuchsstationen mit langjährigem Anbau von Energiehölzern (Schmitt et al. 2010). Durch die eingeschränkte Durchlüftung und den Mangel an Nahrung in der Unterkrume können die bodenbiologischen Prozesse dagegen in der Unterkrume stark reduziert sein.

Tab. 2: Einfluss der Baumarten auf den Gehalt an mikrobieller Biomasse im Energieholzversuch Dornburg

Parameter u. Bodentiefe [cm]	Acker	Weide	Pappel	Birke	Robinie	
C_{mic} [$\mu\text{g C g}^{-1} \text{ TS}$]	0-5	206,74 a	919,74 b	895,59 b	913,94 b	928,60 b
	5-10	230,94 a	423,67 b	425,61 b	430,37 b	597,93 b
	10-20	246,03 a	230,59 a	251,39 a	278,53 a	297,93 a
	20-30	209,59 a	164,92 a	203,14 a	198,55 a	217,06 a
	30-40	85,38 a	96,19 a	110,54 a	102,47 a	102,69 a

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch gesicherte Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb einer Tiefe (Kleinbuchstaben)

Literatur

- Anderson T.H., K.-H. Domsch 1978: A physiological method for measurement of microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem. 10: 215-221.
- Din 19683-9 1998: Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau – Physikalische Laboruntersuchungen. Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in wassergesättigten Stechzylinderproben.
- Din Iso 11272 2001: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Trockenrohdichte.
- Rücknagel J., O. Christen 2009: Use of the information system REPRO to assess physical aspects of soil fertility. ISTRO 18th Triennial Conference Proceedings, June 15-19, 2009 Izmir-TURKEY, 1-5.
- Schaaf T. 1998: Integration von Modellansätzen zur Bodenbearbeitung und Düngung in den Baukasten für Stickstoffs simulationsmodell EXPERT-N. Band 10. Schriftreihe der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information, Bonn.
- Schmitt A.-K., S. Tischer, B. Elste, B. Hofmann und O. Christen 2010: Auswirkung der Energieholzproduktion auf physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften auf einer Schwarzerde im Mitteldeutschen Trockengebiet. J. f. Kulturpflanzen 62 (6): 189-199.

Ertragsvergleich mehrjähriger Bioenergiepflanzen bei unterschiedlichem Stickstoffangebot in einem Feldversuch

Martin Gauder, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Der Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen zeichnet sich durch einen geringeren Zeit- und Betriebsmittelaufwand gegenüber einjährigen Kulturen aus. Pflanzen für die Festbrennstoffnutzung, wie Weiden, *Miscanthus* und Rutenhirse, werden während der Vegetationsruhe geerntet und weisen dadurch höchstmögliche Trockensubstanzgehalte auf. Weiterhin wird dadurch ermöglicht, dass die Pflanzen wichtige Nährstoffe und Kohlenhydrate in die Wurzeln zurückverlagern können und somit diese Ressourcen effizient nutzen (Beuch 1998). In diesem Beitrag wird der Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Ertrags-erwartungen, anhand der Auswertung eines mehrjährigen Feldversuchs, für Weiden, *Miscanthus* und Rutenhirse beschrieben.

Material und Methoden

Der Standort der Versuchsfläche liegt im Kreis Böblingen innerhalb von Baden-Württemberg auf 480 m über NN. Eine mittlere Jahrestemperatur von 9,3 °C, ein mittlerer Jahresniederschlag von 715 mm und ein Lehmboden mit 68 Bodenpunkten zeichnen den Standort aus. Im Jahr 2002 wurden die Kulturen Weiden 'Tora' und Chinaschilf *Miscanthus x giganteus* angepflanzt sowie die Rutenhirse 'Kanlow' in vier Wiederholungen ausgesät. Die Stickstoffdüngung wurde in Form von Entec 26 jährlich im Frühjahr in den Stufen 0 kg N ha⁻¹, 40 kg N ha⁻¹ und 80 kg N ha⁻¹ gegeben. In den ersten 3 Ertragsjahren erfolgte in den Weiden keine Stickstoffdüngung. Die Grundnährstoffe wurden im Optimum gehalten. Alle drei Kulturen wurden nach dem ersten Jahr zurückgeschnitten beziehungsweise abgeschlegelt. Darauf folgend wurden *Miscanthus* und Rutenhirse jährlich und die Weiden im dreijährigen Umtriebsintervall beerntet. Die Probennahme erfolgte bei den Gräsern mit einem Parzellenhäcksler auf 9 m² in der Parzellenmitte sowie bei Weiden motormanuell mit jährlichen Probenschnitten von jeweils 1,5 m² in der Parzellenmitte. Die Auswertung der jährlichen Trockenmasseerträge ab dem zweiten Standjahr von 2004 bis 2010 erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchste Stickstoffgabe von jährlich 80 kg pro Hektar führte in allen drei Kulturen im Mittel der Jahre zu den höchsten Trockenmasseerträgen. Die unterlassene Stickstoffdüngung führte in allen Kulturen zu den niedrigsten Erträgen. Über die sieben Erntejahre erbrachten die Weiden bei der höchsten Stickstoffdüngung von 80 kg N ha⁻¹ einen mittleren Trockenmassezuwachs von 13,9 t pro Jahr. Mit 40 kg N ha⁻¹ erbrachten sie 11,4 t TM und ohne Stickstoffdüngung 8,0 t TM. Wobei der Ertrag in den Stickstoff gedüngten Varianten bei einer kontinuierlichen Düngung während des ersten Umtriebs vermutlich noch höher ausgefallen wäre, wie die folgenden 4 Jahre mit jährlichen Düngegaben zeigten (Tab. 1).

Miscanthus erbrachte insgesamt die höchsten Trockenmasseerträge. Selbst ohne Stickstoffdüngung wurden im Mittel der 7 Erntejahre 14,7 t jährlich geerntet. Mit 40 kg N ha⁻¹ wurden im Mittel 17,2 t TM jährlich geerntet und mit 80 kg N ha⁻¹ 17,7 t

TM im Mittel der Jahre. Die Rutenhirse erbrachte ohne Stickstoffdüngung 7,4 t TM im Mittel der sieben Erntejahre. Mit 40 kg N ha⁻¹ wurden 10,8 t TM im Mittel geerntet und mit 80 kg N ha⁻¹ 12,7 t TM.

Wie die Regressionsanalyse zeigte, führte die Stickstoffdüngung von Miscanthus im Bereich von 0 bis 80 kg N ha⁻¹ zu einer Ertragssteigerung von 38 kg Trockenmasse je eingesetztem kg N. In den Weiden führte 1 kg Stickstoffdünger zu einer mittleren Ertragssteigerung von 74 kg Trockenmasse. In der Rutenhirse war die Stickstoffwirkung mit 67 kg Trockenmasse je eingesetztem kg Stickstoff ebenfalls höher als bei Miscanthus.

Tab. 1: Ertrag [t TM] von Weiden, Miscanthus und Rutenhirse in den Ernten von 2004 bis 2010 (Ernte im späten Winter) mit 0, 40 und 80 kg Stickstoffgabe je ha und Jahr.

Jahr	Weiden			Miscanthus			Rutenhirse		
	0	40 *	80 *	0	40	80	0	40	80
	kg N / ha			kg N / ha			kg N / ha		
2004	10,1 ^a	9,5 ^a	9,0 ^a	8,0 ^a	6,5 ^a	6,1 ^a	6,6 ^a	7,0 ^{ab}	8,7 ^b
2005	10,6 ^a	16,3 ^a	16,6 ^a	10,8 ^a	12,0 ^{ab}	13,6 ^b	6,9 ^a	9,2 ^b	10,5 ^b
2006	8,6 ^a	6,1 ^a	6,8 ^a	17,8 ^a	21,0 ^b	22,6 ^b	3,3 ^a	6,3 ^b	8,5 ^c
2007	5,0 ^a	9,2 ^a	10,1 ^a	13,3 ^a	17,4 ^b	18,1 ^b	7,6 ^a	11,7 ^b	13,1 ^b
2008	10,7 ^a	17,1 ^b	20,8 ^b	15,4 ^a	19,5 ^b	21,4 ^b	10,6 ^a	15,6 ^b	16,8 ^b
2009	4,8 ^a	11,3 ^b	19,8 ^c	19,5 ^a	22,0 ^{ab}	23,5 ^b	8,8 ^a	14,0 ^b	16,0 ^c
2010	6,6 ^a	10,3 ^{ab}	14,4 ^b	18,1 ^a	22,0 ^b	18,8 ^a	8,0 ^a	12,0 ^b	15,6 ^c

*Stickstoffdüngung bei Weiden erst nach der Ernte 2006 jährlich.

Erträge eines Jahres und einer Kultur mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($p \leq 5$).

Der Versuch zeigte, dass die hier untersuchten mehrjährigen Kulturen mit moderaten Stickstoffgaben hohe Erträge erzielten. Die Kulturen Weiden und Rutenhirse reagierten auf die Stickstoffdüngung wesentlich stärker als der Miscanthus. Hier führte eine Erhöhung der Stickstoffgabe von 40 auf 80 kg N ha⁻¹ zu keinem signifikanten Ertragsanstieg in den ausgewerteten Erntejahren. Alle Kulturen zeigten jedoch eine signifikante Ertragssteigerung durch den Stickstoffeinsatz gegenüber der Kontrolle, sodass eine moderate Stickstoffdüngung für die Praxis gerechtfertigt erscheint.

Literatur

Beuch S. 1998: Zum Einfluß des Anbaus und der Biomassestruktur von Miscanthus x giganteus (GREEF ET DEU.) auf den Nährstoffhaushalt und die organische Bodensubstanz, Agrarwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock.

Standortangepasster Anbau von Sorghum als Energiepflanze

Karin Wunsch, Sabine Gruber und Wilhelm Claupein

Einleitung

Sorghum ist eine C₄-Pflanze, die ursprünglich aus Afrika stammt und dadurch an trockenes und heißes Klima angepasst ist. Auch in Deutschland gewinnt Sorghum zunehmend an Interesse, denn die verschiedenen Arten und Hybriden können als Energiepflanzen angebaut werden und stellen somit eine Alternative zum Maisanbau dar. Entscheidend bei der Biomasseproduktion ist es, hohe Trockenmasseerträge zu erzielen, da der Methanertrag mit steigendem Biomasseertrag zunimmt (Böhmel 2009). Ziel der Studie war zu testen, welche Auswirkungen die klimatischen Bedingungen unterschiedlicher Standorte auf den Anbau von Sorghum haben und ob die Trockenmasseproduktion durch einen Mischungspartner beeinflusst werden kann.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Unterer und Oberer Lindenhof der Universität Hohenheim wurden 2009 Feldversuche im Praxismaßstab (Schlaggröße 3 ha bzw. 1 ha) zum Misanbau von Sorghum durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen (Tab. 1) wurden standortangepasste und dadurch unterschiedliche Versuchsansätze für die beiden Standorte gewählt.

Tab. 1: Standorteigenschaften der Versuchsstationen Unterer und Oberer Lindenhof

Standort	Höhe in m ü. NN	Temperatur in °C			Niederschlag in mm		
		Langjähriges			Langjähriges		
		Mittel	2009	Saison	Mittel	2009	Saison
Unterer Lindenhof	480	8,5	8,9	16,6 ^a	887	978,9	364,9 ^a
Oberer Lindenhof	700	6,9	7,4	14,8 ^b	931	976,3	360,0 ^b

^a Saison von Mitte Juni 2009 (Aussaat) bis Ende September 2009 (Ernte)

^b Saison von Anfang Juni 2009 (Aussaat) bis Anfang Oktober 2009 (Ernte)

Am Standort Unterer Lindenhof wurde eine *Sorghum bicolor* Hybride (Sorte Aron) im Misanbau mit einer Hybride *S. bicolor* × *S. sudanense* (Sorte Csaba) angebaut. Von beiden Hybriden wurde jeweils 50 % der Saatgutmenge verwendet, die für den Reinanbau erforderlich ist. Das Saatgut wurde gemischt und mit der Drillmaschine bei einem Reihenabstand von 0,27 m ausgesät. Beide Mischungspartner wurden auch im Reinanbau getestet (Aron: 25 Körner m⁻² → 9 kg/ha, Csaba: 70 Körner m⁻² → 29 kg/ha). Auf einem Teil der Fläche wurde die Mischung noch zu einem zweiten Termin 14 Tage nach der eigentlichen Aussaat angebaut.

Am Standort Oberer Lindenhof wurde eine *Sorghum bicolor*-Hybride (Sorte Aron⁺⁺) mit Mais (Sorte Ronaldinio) im Misanbau getestet. Es wurden im Wechsel jeweils zwei Reihen von jeder Kultur mit einem Reihenabstand von 0,5 m gesät. Die Aussaat erfolgte ebenfalls mit der Drillmaschine, wobei die Saatstärke variiert wurde (25 kg/ha und 60 kg/ha). Gedüngt wurden beide Versuche durch einmalige Ausbringung von separierter Biogasgülle, wobei auf Pflanzenschutzmittel vollständig verzichtet wurde. Zur Ermittlung der pflanzenbaulich relevanten Parameter wurden am Tag der Ernte Quadratmeterschnitte durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Feldversuche haben gezeigt, dass der Standort entscheidend für einen hohen Ertrag beim Anbau von Sorghum ist. Je niedriger die mittlere Tagestemperatur, desto geringer sind die Erträge. Am Standort Unterer Lindenhof konnten beim Reinanbau von Sorghum höhere Erträge erzielt werden als beim Misanbau der beiden Hybriden (Abb. 1). Zudem zeigte sich, dass bei einer späteren Aussaat der Mischung der Ertrag zwar nur geringfügig niedriger war, aber der TS-Gehalt nicht über 20 % lag und somit Probleme bei der Silierung auftreten können. Der höhere Ertrag der Sorte Aron im Reinanbau ist auf die geringere Aussaatstärke zurückzuführen. Die Einzelpflanzen hatten mehr Platz und konnten somit mehr Blattmasse und auch dickere Stängel ausbilden.

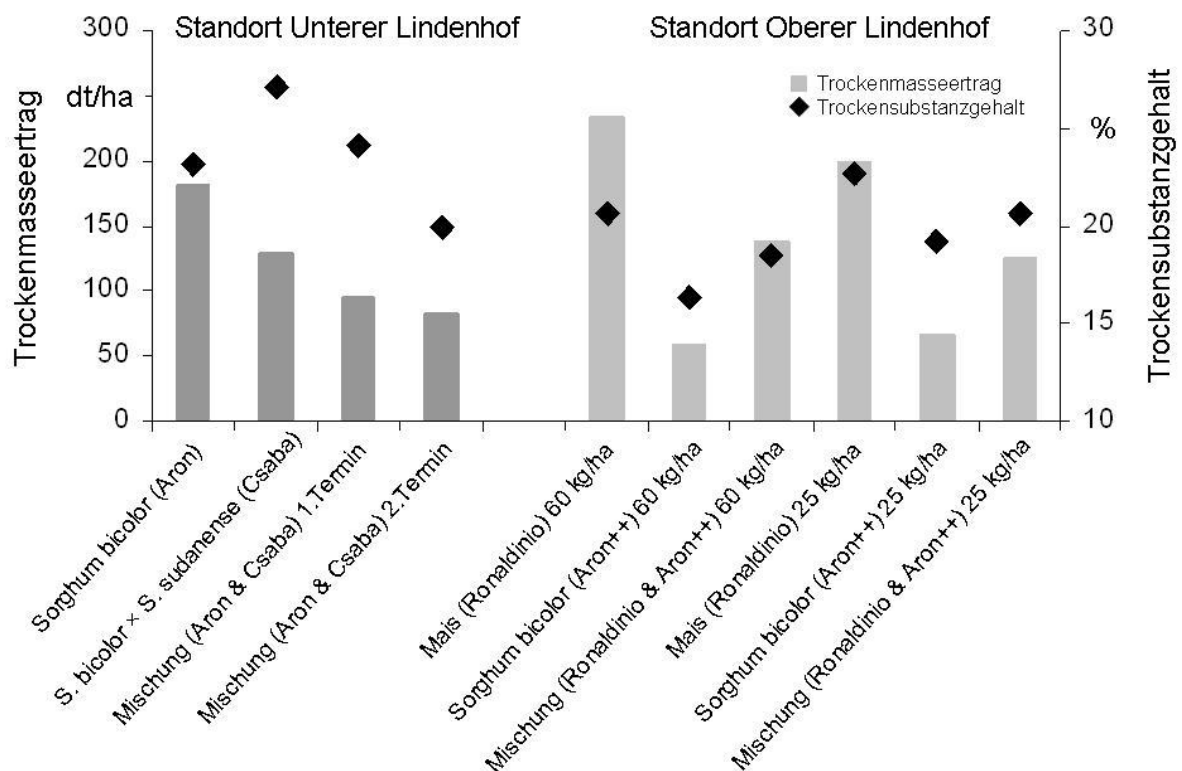


Abb. 1: Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte von Sorghum im Reinanbau und im Misanbau mit standortangepassten Mischungspartnern

Am Standort Oberer Lindenhof wurde die benötigte Mindestwärmesumme nicht erreicht und Sorghum war Mais in Reinanbau weit unterlegen. Mit der über die Hälfte geringeren Saatstärke konnten beinahe gleiche Erträge erzielt werden, da die Einzelpflanzen sich kräftiger entwickeln konnten. Zudem stiegen die TS-Gehalte dadurch an und Sorghum im Misanbau erreichte Silierfähigkeit.

Um hohe Biomasseerträge zu erzielen, ist der Reinanbau von Sorghum in Regionen mit genügend Wärme dem Misanbau vorzuziehen. In kühleren Regionen bietet sich der Misanbau mit Mais an, wodurch gleichzeitig auch die Fruchtfolge aufgelockert wird.

Literatur

Böhmel C. 2009: Angebaute Biomasse – Zucker- und Stärkepflanzen. In: Kaltschmitt M., H. Hartmann, H. Hofbauer (Hrsg.) Energie aus Biomasse. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Deutschland.

Effect of row spacing and cultivars on biomass yield and chemical composition of *Sorghum bicolor* L.

Athar Mahmood and Bernd Honermeier

Introduction

Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is a C₄ annual grass with high potential for high forage biomass yields per unit of land (Rooney et al. 2007). It is under serious examination as a potential European energy crop. Although a native to the tropics, *Sorghum bicolor* is well adapted to temperate climates (Gnansounou et al. 2005). Generally Sorghum is characterized by heat and drought tolerance and can be productive in areas of annual rainfall as low as 400–650 mm (Fribourg 1995). It has a remarkable yield potential even in marginal environments (Amaducci et al. 2004). The objectives of this research were to study comprehensively the effect of row spacing and cultivars on field performance and chemical composition and to determine the optimal row spacing and cultivar for biomass and biogas production.

Materials und Methods

Field experiments were conducted in 2008 - 2009 at the Giessen experimental station (50°35'N, 8°40'E). Three row spacings (75cm, 37.5cm, double row 75cm apart and 10-15 cm with in row) and two cultivars were included during the experimental year 2008, while three row spacing and five cultivars of *Sorghum bicolor*; Goliath (*S. bicolor* X *S. bicolor*), Bovital (*S. bicolor* X *S. sudanense*), Aron (*S. bicolor*), Rona 1 (*S. bicolor*), Akklimat (*S. bicolor* X *S. sudanense*) were tested in 2009. RCBD under split plot arrangement with four replications were used. Row spacing in main plots and cultivars in subplots were allocated. Area of each plot was 10 m², comprising a sampling area and harvest area. Fertilizer of 120 kg N as ASS was applied during the soil bed preparation. Weeds were controlled by the application of herbicide Gardo Gold (Chloroacetinellide) at rate of 3.5 L/ha and by manual practices. All culture practices were same in all plots. NIRS (Near-infrared reflectance spectroscopy) was used to determine the ash, fat, protein and neutral detergent fibre (NDF).

Results and Discussion

Row spacing had no clear effect on the dry matter yield in 2008 whereas during 2009, significant results were observed within the row spacing. In the year 2008, DM performance of Goliath was higher in comparing to Bovital. In 2009 cv. Goliath reached the maximal dry matter production (15.8 t ha⁻¹) followed by the cv. Rona 1 (14.4 t ha⁻¹) among the tested cultivars. During the experiment year 2009, an average sugar concentration of 12.8, 10.7 and 12.3 g/100 g of DM were determined for 75 cm, 37.5 cm and 75 (D.R) respectively. During the experiment period 2008, Bovital caused low sugar concentration of 4.6% while considerably higher value (7.4 %) was received by Goliath. In 2009, Rona 1 showed maximum value of sugar concentration of 18.7, comparable to the Aron whereas clearly higher as compared to the other used cultivars. In 2008, 37.5 cm and 75 cm (D.R) led to produce

comparable protein concentration while clearly lower value was determined with 75 cm.

Table 1: Effect of cultivars and row spacing on dry matter yield, protein, sugar and NDF concentration of *Sorghum bicolor* (Gießen 2008, 2009)

	DM t/ha	XP (%)	XZ (%)	NDF (%)
2008				
Goliath	19.72a	6.9b	7.4a	63.6a
Bovital	12.64b	9.0a	4.6b	58.9b
75 cm	15.04ns	7.5b	5.9ns	61.8ns
37.5 cm	16.50ns	8.1a	6.3ns	61.3ns
75 cm (D.R)	17.00ns	8.3a	5.9ns	60.7ns
2009				
Goliath	15.81a	8.9c	10.9b	58.4ab
Bovital	12.26b	10.0b	6.4c	56.7b
Aron	10.19c	10.0b	17.9a	51.5c
Rona 1	12.36b	9.5b	18.7a	50.8c
Akklimat	10.10c	10.6a	5.8c	59.9a
75 cm	12.72a	9.6b	12.8a	53.2b
37.5 cm	10.24b	10.2a	10.7b	56.4a
75 cm (D.R)	13.47a	9.6b	12.3a	56.7a

In 2009, a comparable concentration of protein was determined for both 75 cm and 75 cm (D.R), while significantly higher concentration was observed with 37.5 cm row spacing. It could be observed that cultivars modified the protein concentration. Bovital exhibited higher value (9.0) protein content as compared to Goliath (6.9) in 2008. In 2009, Akklimat increased protein content of 10.6 (g/100 g DM) which was considerably highest among the cultivars. In 2009, 75 cm (D.R) led to increase the NDF content which was comparable to 37.5 cm row spacing but considerably higher as compared to 75 cm. In 2008, Bovital showed lower value (58.9 %) of NDF content as compared to Goliath (63.6 %).

Generally it can be supposed that some of the above mentioned differences in chemical composition among the Sorghum cultivars can be explained by different capability for tillering of the plants. Tillers (side stems) can be characterized as physiological younger plant material in comparison with main stems. For that reason a cultivar with higher part of tillers like Bovital led to lower sugar and NDF concentration which can reduce biogas production.

References

- Amaducci S., Monti A., Venturi G. 2004: Non-structural carbohydrates and fiber components in sweet and fibre sorghum as affected by low and normal input techniques. *Ind. Crops Products* 20: 111–118.
- Gnansounou E., Dauriat A., Wyman C.E. 2005: Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresour. Technol.* 96: 985–1002.
- Rooney W.L., Blumenthal J., Bean B., Mullet J.E. 2007: Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. *Biofuel Bioprod Bioref* 1: 147–157.
- Fribourg H.A. 1995: Summer annual grasses. In: Barnes R.F., Miller D.A., Nelson C.J. (eds) *Forages, An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. I, Iowa State University Press, Ames, Iowa, p. 463–472.

Leistungsfähigkeit verschiedener Biogas-Anbausysteme unter mineralischer und Gärrestdüngung in der Marsch Schleswig-Holsteins

Robert Quakernack, Anna Techow, Antje Herrmann, Andreas Pacholski, Friedhelm Taube und Henning Kage

Einleitung

Die Bedeutung von Biogas in der deutschen Bioenergie-Produktion hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Sowohl den Treibhausgas-Emissionen als auch den Umweltwirkungen in Form von N-Verlusten als Ammoniak (NH_3) oder N-Versickerung nach der Feldapplikation von Gärresten aus der Biogasproduktion kommt bei dieser Bio-Energieform eine besondere Bedeutung zu. NH_3 -Emissionen tragen zur Bodenversauerung, Eutrophierung von Gewässern sowie indirekt zu gesteigerten Lachgas-Emissionen bei. Die wichtigsten Faktoren für die NH_3 -Verflüchtigungen nach Ausbringung von organischen Düngern sind die Applikationstechnik, der pH-Wert der Gärreste und die klimatischen Bedingungen. Bei ungünstigen Bedingungen kann der Düngewert der organischen Dünger durch Ammoniak-Verluste ertragsrelevant reduziert werden (Sommer and Hutchings 2001). Die Marschen in Schleswig-Holstein sind durch sehr schwere Böden, einen hohen Grundwasserspiegel und hohe durchschnittliche Windgeschwindigkeiten gekennzeichnet. Diese Bedingungen können N-Verluste durch NH_3 -Verflüchtigung nach Gärrestausbringung begünstigen. Daher wurde unter Bedingungen eines Marschstandortes in Schleswig-Holstein eine vergleichende Untersuchung der Leistungsfähigkeit verschiedener Biogas-Anbausysteme, unter Berücksichtigung von Auswirkungen von NH_3 -Verlusten auf den Düngewert von Biogas-Gärresten, durchgeführt.

Material und Methoden

Als erstes Versuchsjahr wurden in 2009 an einem Marschstandort Nordfrieslands die Monokulturen von deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) in 4-Schnittnutzung und Mais (*Zea mays*) sowie ein Fruchtfolgesystem, bestehend aus Mais, Weizen (*Triticum aestivum*) und Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*) als genutzte Winterzwischenfrucht geprüft. Dazu wurde ein Parzellenversuch (12x12m pro Parzelle) mit 4 Wiederholungen pro Behandlung angelegt. Neben der Kontrolle wurde jede Kulturart in 2 N-Stufen (konventionell; hoch) und 2 N-Formen (Biogas-Gärrest (BG) aus Co-Fermentation); mineralisch (KAS)) gedüngt. Gärreste wurden mit Schleppschläuchen ausgebracht. Folgende N-Düngungsniveaus wurden untersucht: Gras (360 + 480 kg Gesamt-N ha^{-1}), Weizen (180 + 240 kg Gesamt-N ha^{-1}), Mais (Unterfuß-Düngung 50 kg N ha^{-1} , 100 + 150 kg N ha^{-1}). Die mineralische Düngung fand immer höchstens einen Tag vor oder nach der Gärrest-Applikation statt. NH_3 -Emissionen nach Gärrest-Applikation wurden mikrometeorologisch mit der backwards Lagrangian stochastic dispersion technique (bLS, Sommer et al. 2005) auf einer Referenzfläche (48x48m) und durch eine Kombination von Schwefelsäurefallen und einer kalibrierten dynamischen Kammermethode (Dräger Tube Methode, Pacholski et al. 2009) im Parzellenversuch gemessen. Die Ertragsdaten wurden durch Maschinenernte in einem Kernbeerntungsstreifen (27 m^2) der Parzellen aufgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Düngung mit Biogas-Gärresten konnten im Gras und Weizen signifikante Mindererträge im Vergleich zur mineralischen Düngung festgestellt werden. Es gab keine Interaktionen zwischen Düngeform und Düngemenge (Abb.1). Die höchsten Unterschiede im Ertragsniveau traten bei Gras auf, wo es unter organischer Düngung Mindererträge von 42 % (konventionell) bzw. 40 % (hoch) im Vergleich zu den Varianten mit mineralischer Düngung gab. Als ein Hauptfaktor für die Mindererträge bei Gärrestdüngung ist der N-Verlust durch NH_3 -Verflüchtigung zu sehen. Außerdem konnte die langsame Mineralisation der organischen N-Anteile im Gärrest den Anspruch von Weizen und Gras an Stickstoff nicht decken.

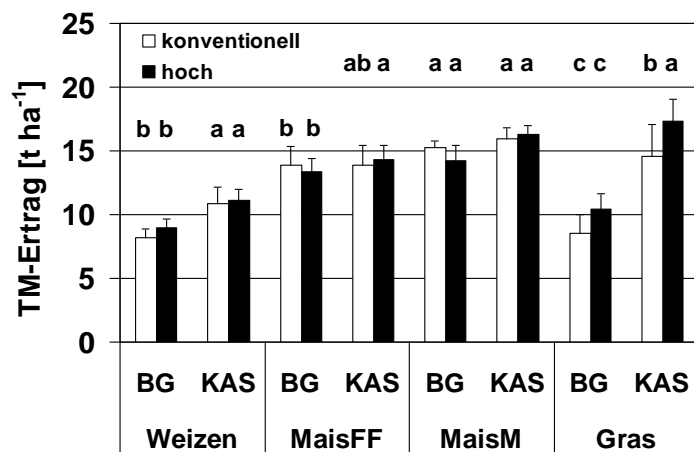


Abb. 1: TM-Erträge [t ha⁻¹] von Weizen, Mais nach Weizen (MaisFF), Mais nach Mais (MaisM) und Gras (4 Schnitte) bei konventioneller und hoher N-Düngung mit Gärrest (BG) und mineralischem (KAS) Dünger. ANOVA mit Düngehöhe x Düngeform für jede Kulturart (Signifikanzniveau $P < 0.05$, Tukey-Test, $n=4$)

Die relativen N-Verluste (% ausgebrachtes $\text{NH}_4\text{-N}$) durch NH_3 -Verflüchtigung nach Gärrest-Applikation sind bei Weizen (19-28 %) auf einem ähnlichen Niveau wie bei Gras (19-25 %), während die Verluste bei Mais leicht niedriger lagen (14-27 %) (Daten nicht gezeigt). Die höchste Menge an NH_3 -Verlusten wurde mit 74 ± 9 kg N ha⁻¹ bei der hoch gedüngten Grasvariante ermittelt. N-Verluste durch NH_3 -Verflüchtigung nach Applikation mit Schleppschläuchen lagen bis zu zweimal höher als in anderen Regionen Schleswig-Holsteins (Pacholski et al. 2009). An dem Marschstandort war die Gras-Monokultur mit 14.5 t TM ha⁻¹, aber auch das Fruchtfolgesystem im ersten Versuchsjahr zur im Biogasbereich dominanten Mais-Monokultur konkurrenzfähig. Neben den negativen Umweltwirkungen wie Versauerung und Eutrophierung trugen NH_3 -Verluste zu einem stark verminderten Düngewert und damit einer Ertragsreduktion bei Gärrestdüngung bei.

Literatur

- Sommer S.G., N.J. Huchtings 2001: Ammonia emission from field manure and its reduction – invited paper, *European Journal of Agronomy* 15: 1-15.
- Sommer S.G., S.M. McGinn, T.K. Flesch 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.
- Pacholski A., D. Gericke, H. Kage 2009: Measurement and modelling of NH_3 emissions from field-applied biogas residues in North German energy crop rotations. In: Grignani C., Acutis M., Zavattaro L., Bechini L., Bertora C., Marino Gallina P., Sacco D. (eds.) *Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture*. 28th June – 1st July 2009, Turin, Facolta di Agraria, Turin, Italy, pp. 189–190.

Winterzwischenfrüchte und Mais zur Methanerzeugung

Franziska Kruse, Annica Wolle und Rolf Rauber

Einleitung

Es besteht ein zunehmendes Interesse daran, in Biogasfruchtfolgen vor Energiemais Winterzwischenfrüchte anzubauen. Dabei sollen die Winterzwischenfrüchte u. a. die Nmin-Gehalte im Boden absenken, selbst zur Methanerzeugung dienen und eine gute Vorfruchtwirkung für den nachfolgenden Mais aufweisen.

Um einen Überblick zu bekommen, wurden auf dem Versuchsgut Reinshof (Auenlehm) bei Göttingen in den Vorjahren 33 Winterzwischenfrucht-Varianten geprüft: verschiedene Grasarten, Kreuzblütler, Kräuter, Getreidearten und -sorten, Körner- und Futterleguminosen sowie mehrere Gemenge. Nach den Winterzwischenfrüchten wurde Energiemais („Atletico“) angebaut (Menke und Rauber 2010). Ein Index (I_{RA}), der die Merkmale Nmin-Absenkung, Methan-Flächenertrag und die Vorfruchtwirkung für den Mais aggregiert, weist das Landsberger Gemenge, Wickroggen und Inkarnatklee als am meisten anbauwürdig aus. Am wenigsten anbauwürdig erwiesen sich Wintertriticale, Winterackerbohne und die Winterbraugerste „Dorothea“. Die Getreidearten und Getreidesorten, die in der landbaulichen Praxis verbreitet angebaut werden (z. B. Futterroggen „Vitallo“), schnitten überraschend schlecht ab. Dies beruhte auf der nur mäßigen Nmin-Absenkung dieser Varianten im Winter und der eher ungünstigen Vorfruchtwirkung für den Mais. Die vergleichsweise hohen Methan-Flächenerträge der Getreidevarianten konnten diese Nachteile nicht kompensieren (Menke und Rauber 2010).

Material und Methoden

Die Varianten Wickroggen und Inkarnatklee, zusammen mit weiteren interessant erscheinenden Alternativen, wurden im Spätsommer 2009 erneut angebaut. Über die Ergebnisse zu den Erhebungen im Dezember 2009, Mitte April 2010 und Ende Mai 2010 wird nachfolgend berichtet. Einige Beobachtungen zum Ende April und Anfang Juni 2010 nach den Winterzwischenfrüchten gesäten Mais („Fernandez“) sollen angefügt werden. Nach der bei Ehlers (1980) beschriebenen Methode wurde die Minimaltemperatur für die Keimung des Maises in Klimakammern bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Nmin-Gehalte lagen zum Dezembertermin (2009) erwartungsgemäß in der Schwarzbrache am höchsten (Tab. 1, A). Die Winterzwischenfrüchte senkten die Nmin-Gehalte erheblich ab, Inkarnatklee allerdings am wenigsten. Die größte Nmin-Absenkung war beim Wickroggen zu beobachten. Auf einem insgesamt etwas niedrigeren Niveau war auch im April 2010 der Wickroggen bei den Varianten mit den niedrigsten Nmin-Gehalten. Von April bis Mai 2010 stiegen die Nmin-Gehalte wieder an, insbesondere unter den Leguminosen.

Im Dezember 2009 waren die Trockenmasseerträge beim Inkarnatklee mit 32,63 dt ha⁻¹ bereits überraschend hoch (Tab. 1, B). Die anderen Varianten lagen zu diesem Zeitpunkt deutlich zurück. Trotz des anhaltenden und strengen Winters war in allen Varianten bis zur April-Ernte 2010 ein erheblicher Massezuwachs zu beobachten, insbesondere bei Zottelwicke und Wickroggen. Von April bis Mai 2010 kam es nochmals zu einer starken Trockenmassezunahme bei allen Varianten. In einigen

Fällen konnten die Erträge von April bis Mai mehr als verdoppelt werden, z. B. bei Winterroggen und Wickroggen. Die relative Vorzüglichkeit von Wickroggen scheint sich auch nach diesen Untersuchungen zu bestätigen.

Tab. 1: A. Nmin-Gehalte (0 – 90 cm) in sieben Winterzwischenfruchtvarianten einschließlich Schwarzbrache und B. Trockenmasse-Erträge. Verschiedene Kleinbuchstaben hinter den Werten eines Termins stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Varianten ($\alpha = 0,05$, Scheffé)

A.			
Nmin (kg NO ₃ -N + NH ₄ -N ha ⁻¹)			
Variante	Dezember 2009	April 2010	Mai 2010
Inkarnatklee	41,42 b	19,04 b	47,69 ab
Zottelwicke	19,02 bc	15,27 b	43,69 bc
Winterroggen	11,54 c	10,72 b	13,27 d
Wickroggen	10,30 c	9,88 b	14,10 cd
Spitzwegerich	20,19 bc	9,87 b	11,50 d
Dt. Weidelgras	16,68 c	10,11 b	10,88 d
Schwarzbrache	75,23 a	63,56 a	76,98 a

B.			
kg TM ha ⁻¹			
Variante	Dezember 2009	April 2010	Mai 2010
Inkarnatklee	32,63 a	45,11 ab	68,38 ab
Zottelwicke	19,94 b	52,02 a	61,02 b
Winterroggen	15,00 b	37,06 bc	82,71 ab
Wickroggen	16,42 b	42,76 ab	94,27 a
Spitzwegerich	15,06 b	21,05 d	66,44 b
Dt. Weidelgras	22,97 ab	30,89 cd	64,19 b

Die Minimaltemperatur für die Keimung des Maises „Fernandez“ wurde mit 8,66°C bestimmt. Aufgrund ungewöhnlich niedriger Temperaturen nach der frühen Aussaat des Maises (30. April 2010) kam es zu einem sehr verzögerten Feldaufgang. Zehn Tage nach der Aussaat lag der Feldaufgang nach früherer Saat noch bei 0 %, nach 20 Tagen erst bei 5 % und nach 30 Tagen bei 74 %. Nach der späten Maissaat (4. Juni 2010) waren nach 14 Tagen 38 % und nach 20 Tagen 73 % aufgelaufen. Die vorausgehenden Winterzwischenfrüchte beeinflussten den Feldaufgang des Maises nicht wesentlich. Die Winterzwischenfrüchte hatten auch keinen deutlichen Einfluss auf den Bodenwassergehalt zum Zeitpunkt der Maisaussaat.

Literatur

- Ehlers W. 1980: Keimung in Abhängigkeit von bodenphysikalischen Prozessen. Kali-Briefe (Büntehof) 15: 233-248.
- Menke C., Rauber R. 2010: Optimierung der Trockenmassebildung von Winterzwischenfrüchten und der Nmin-Absenkung über Winter vor Mais zur Biogasnutzung. Abschlussbericht Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Az 24997.

N₂O-Emission aus Biogasproduktionssystemen auf einem Marschstandort Norddeutschlands

A. Techow*, K. Dittert***, M. Senbayram***, R. Quakernak**, A. Pacholski**, H. Kage**, F. Taube* und A. Herrmann*

Einleitung

Die hohe Vergütung der Energieeinspeisung auf Grundlage des Erneuerbare-Energie-Gesetzes führte zu einer starken Zunahme der Zahl der Biogasanlagen. Mais ist die zurzeit leistungsfähigste Kulturart zur Methanproduktion unter den bestehenden Boden- und Klimaverhältnissen in Deutschland. In Grenzertragslagen des Maisanbaus, wie der Marschregion Schleswig-Holsteins, weisen Getreide und Futtergräser jedoch oft eine höhere Vorzüglichkeit auf. Unter den typischen Umweltbedingungen von Marschregionen (hohe Niederschlagsmenge, hoher Grundwasserstand, tonige Böden mit hoher Wassersättigung und niedriger Sauerstoffversorgung) besteht unter intensiver N-Düngung die Gefahr von Lachgasemissionen. Hierzu liegen jedoch nur wenige belastbare Untersuchungen vor. Das Ziel der vorliegenden Studie ist daher die Quantifizierung der N₂O-Emission in Abhängigkeit der N-Düngerform (mineralisch vs. Gärrest), N-Menge und Kulturart.

Material und Methoden

Die Studie basiert auf einem 2-jährigen Feldversuch (2009-2010), welcher auf einem Standort (Kalk-/Kleimarsch) an der Westküste Schleswig-Holsteins durchgeführt wird. Der Versuch wurde im Jahr 2007 als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Neben dem Einfluss der Kulturart (Deutsches Weidelgras, Mais-Winterweizen, Weizen-Welsches Weidelgras) wird der Einfluss von N-Düngerform (KAS, Biogas-Gärrest) und N-Menge untersucht. Die N-Menge wird in Abhängigkeit der Kulturart variiert, wobei 0/360/480 kg N ha⁻¹ zu Dt. Weidelgras, 0/200/240 kg N ha⁻¹ zu Winterweizen und 0/150/200 kg N ha⁻¹ zu Mais appliziert werden. Das Dt. Weidelgras (*Lolium perenne*, cv. Trend) unterliegt einer 4-Schnittnutzung, das Welsche Weidelgras wird im Herbst einmal genutzt und anschließend mit einem Totalherbizid behandelt. Die N₂O-Emission wird in den Kontrollen und den hochgedüngten Varianten mittels ‚Closed-Chamber-Methode‘ (Hutchinson and Mosier 1981) in wöchentlichen Messintervallen erfasst, bzw. nach einem Düngereignis täglich über einen Zeitraum von 10 Tagen. Die N₂O-Konzentrationen werden mittels Gaschromatograph (Finnigan cryofocussing-gas chromatograph) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

N₂O-Emissionsereignisse traten im betrachteten Zeitraum (April-Dezember 2009) bei allen Kulturen direkt nach der Düngung auf (Abb. 1). Im Grünland zeigten die mit Mineraldüngung behandelten Varianten nach der ersten N-Düngung die höchsten Emissionen, nach der zweiten Düngung konnten hingegen höhere Emissionen in den Gärrest-Varianten festgestellt werden. Die folgenden zwei Applikationen hatten hingegen nur einen geringen Effekt. Die Weizen-Welsches Weidelgras-Folge wies nach allen N-Düngungen Emissionen auf. Beständig hohe N₂O-Raten waren jeweils eine bis zwei Wochen nach der jeweiligen Düngung feststellbar. Die Mais-Winter-

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Herrmann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

** Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Acker- und Pflanzenbau, Herrmann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

*** Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Herrmann-Rodewald-Str. 2, 24118 Kiel

weizen-Folge ist hier durch relativ geringe maximale N_2O -Emissionsraten charakterisiert.

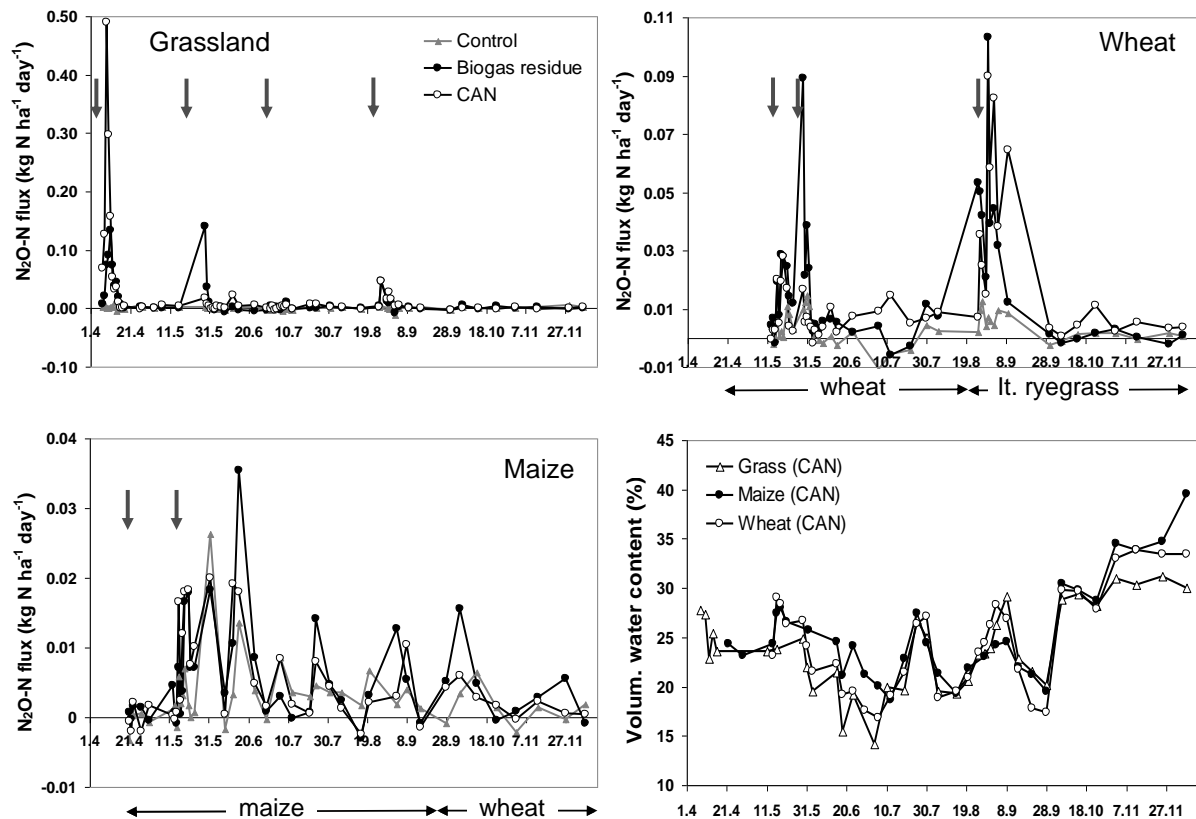


Abb. 1: Täglicher N_2O -Fluss in den verschiedenen Kulturen und Düngungsbehandlungen von April bis Dezember 2009. Die Pfeile verweisen auf die Düngetermine.

Die kumulativen N_2O -Emissionen wiesen im Vergleich zu anderen Studien (Van Groenigen et al. 2004; Dittert et al. 2009) mit Werten zwischen 0.2 und $1.7 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$ ein sehr niedriges Niveau auf. Dies ist vermutlich auf geringe Bodenfeuchten zurückzuführen (Abb. 1), welche einen erheblichen Effekt auf die N_2O -Emission ausüben (Senbayram et al. 2009). Die hoch gedüngten Varianten waren durch signifikant höhere N_2O -Emissionen charakterisiert als die Kontrolle, während die N-Düngelform und die Kulturart keinen Effekt hatten. Die Hypothese hoher N_2O -Emission auf Marschstandorten konnte im ersten Versuchsjahr nicht bestätigt werden, eine abschließende Bewertung kann erst nach dem zweiten Jahr erfolgen.

Literatur

- Dittert K., Senbayram M., Wienforth B., Kage H., Mühling K.H. 2009: Greenhouse gas emissions in biogas production systems. UC Davis, The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI. Retrieved from: <http://www.escholarship.org/uc/item/18p5q83f>.
- Hutchinson G.L., Mosier A.R. 1981: Improved soil cover method for field measurements of nitrous oxide. *Soil Science Society of America Journal* 45: 311-316.
- Senbayram M., Chen R., Mühling K.H., Dittert K. 2009: Contribution of nitrification and denitrification to nitrous oxide emissions from soils after application of biogas waste and other fertilizers. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 2489-2498.
- Van Groenigen J.W., Kasper G.J., Velthof G.L., Van den Pol-van Dasselaar A., Kuikman P.J. 2004: Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry applications. *Plant and Soil* 263: 101-111.

Einfluss der Trockenmassebildung auf den Gasertrag von Zuckerrüben und Zuckerrübenblättern

Philipp Starke und Christa Hoffmann

Einleitung

Bei der Nutzung von Ackerfrüchten als Substrat für die Biogaserzeugung sind die Pflanzen zu bevorzugen, die einen hohen Trockenmasseertrag bilden. Zuckerrüben stellen daher ein interessantes Substrat dar. Es gibt jedoch bisher wenige wissenschaftliche Untersuchungen darüber, ob Zuckerrüben mit einem hohen Frischmasseertrag (E-Typen) auch einen hohen Trockenmasseertrag bilden. Da davon ausgegangen wird, dass der Biogasertrag der Rüben maßgeblich durch den Trockenmasseertrag und weniger durch die Qualität beeinflusst wird, müssten für die Biogasproduktion Zuckerrübensorten mit einem hohen Trockenmasseertrag ausgewählt werden. Futterrüben bilden sehr hohe Frischmasseerträge, die die von Zuckerrüben übertreffen (Ladewig und Märländer 2006). Es ist jedoch wenig untersucht, ob der Trockenmasseertrag von Futterrüben über dem von Zuckerrüben liegt und Futterrüben in diesem Fall bevorzugt angebaut werden sollten. Neben dem Trockenmasseertrag der Rübe soll auch der des Blattes ermittelt werden, um einen Vergleich der gesamten Zuckerrübenpflanze mit anderen Ganzpflanzen zur Biogaserzeugung durchführen zu können.

Material und Methoden

Feldversuche mit vier Zuckerrübensorten wurden 2009 in Göttingen und Regensburg angelegt. Die N-Düngung wurde in 0, 150 und 300 kg N ha⁻¹ variiert, um die Qualität der Rüben zu beeinflussen. Ein weiterer Versuch umfasste zwei Zuckerrübensorten (E-Typ und Z-Typ) sowie eine Futterrübe und wurde 2008 an zwei Standorten und 2009 an einem Standort in der Nähe von Göttingen angelegt. Bei der N-Düngung fand eine Aufteilung in die Varianten 0, 100, 200 und 300 kg N ha⁻¹ statt. In beiden Versuchen erfolgte die Aussaat im April und die Ernte im Oktober bzw. November. Die Parzellengröße umfasste 6 Reihen mit 21,6 m², von denen drei innere Reihen (10,8 m²) geerntet wurden. Neben der Quantifizierung des Frisch- und Trockenmasseertrages von Rübe und Blatt wurden Gärversuche von ausgewählten Proben durchgeführt, um das Gasbildungspotenzial der Substrate zu ermitteln. Aus dem spezifischen Gasertrag und dem Trockenmasseertrag ergab sich der Biogasertrag pro Hektar.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Regensburg konnte ein Rübentrockenmasseertrag von 25 bis 27 t ha⁻¹ erzielt werden. Signifikante Sortenunterschiede traten nicht auf. Mit zunehmender N-Düngung von 0 auf 150 kg N ha⁻¹ stieg der Ertrag an. Eine weitere Erhöhung der N-Düngung führte zu keinem Mehrertrag. Der zunehmende Gesamtertrag von 30 auf 35 t TM ha⁻¹ resultierte primär aus dem zunehmenden Blattertrag. Am Standort Göttingen wurde ein geringerer Rüben- als auch Gesamttrockenmasseertrag verzeichnet. So lag der Rübentrockenmasseertrag auf einem Niveau von 20 bis 22 t ha⁻¹ und der Gesamttrockenmasseertrag bei 24 bis 30 t ha⁻¹. Signifikante Sortenunterschiede traten zwar im Rübentrockenmasseertrag, nicht aber im

Gesamt-trockenmasseertrag auf. Ertragsbetonte Sorten (E-Typen) bilden somit nicht zwangsläufig einen höheren Trockenmasseertrag.

Die Gärversuche ergaben einen spezifischen Biogasertrag von 665 bis 700 NI kg^{-1} oTS beim Blatt sowie 740 NI kg^{-1} oTS bei der Rübe. Der Biogasertrag erreichte in Regensburg ein Niveau von 19.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Rübe) bis 25.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Rübe und Blatt). Eine erhöhte N-Düngung führte zu einem steigenden Biogasertrag aus Rübe und Blatt. In Göttingen wurden 16.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Rübe) bis 20.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Rübe und Blatt) erzielt, wobei im Gesamtertrag kein Einfluss von Sorte und N-Düngung zu sehen war. Aufgrund des unterschiedlichen Ertragsniveaus zwischen den beiden Standorten konnte gezeigt werden, dass der Biogasertrag direkt vom Trockenmasseertrag abhängt. Dagegen ist der Einfluss des spezifischen Gasertrages zu vernachlässigen. Durch die Nutzung von Rübe und Blatt besteht weiterhin die Möglichkeit, die gewachsene Biomasse optimal auszunutzen.

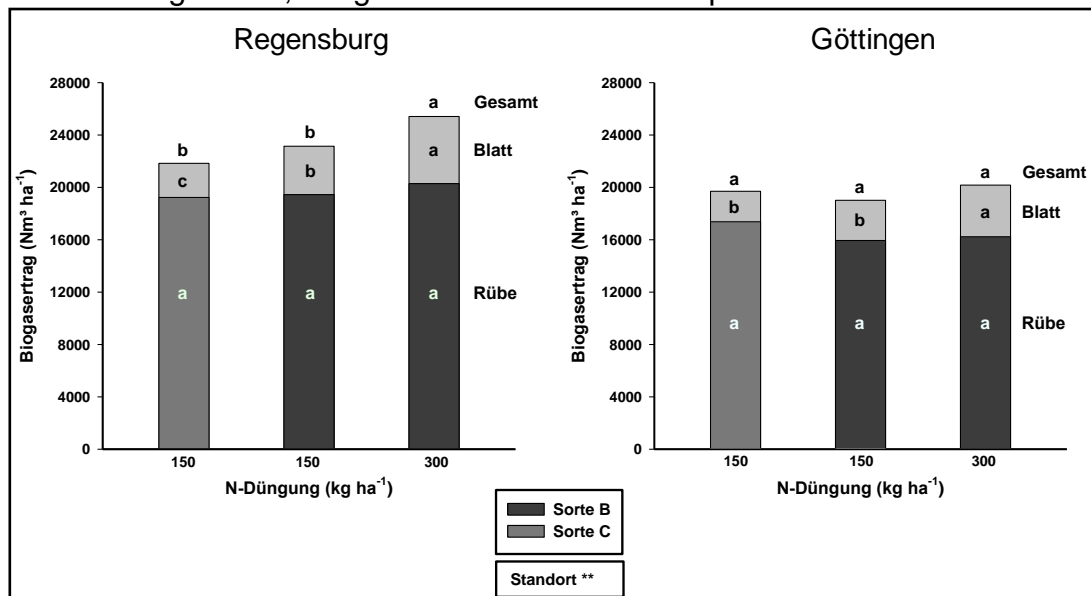


Abb. 1: Biogasertrag von Rübe, Blatt und Gesamtertrag in Abhängigkeit von Zuckerrübensorte und N-Düngung an den Standorten Regensburg und Göttingen, November 2009. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen dem Biogasertrag aus Rüben bzw. dem Biogasertrag aus Rübe und Blatt.

Der Vergleich von Zucker- und Futterrüben zeigte, dass bei allen N-Düngungsstufen keine signifikanten Unterschiede im Rübentrockenmasseertrag vorlagen. Es wurden Rübentrockenmasseerträge von 18 t ha^{-1} erreicht. Bei der Betrachtung des Gesamtertrages lag der Ertrag der Futterrübe mit durchschnittlich 23 t TM ha^{-1} signifikant unter dem der Zuckerrüben, die 25 bis 27 t TM ha^{-1} erreichte. Bei der Nutzung von Rübe und Blatt hat die Zuckerrübe demnach Vorteile gegenüber der Futterrübe.

Die Autoren bedanken sich bei Syngenta Seeds für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

Literatur

Ladewig und Märländer 2006: Ertragsleistung von nachwachsenden Rohstoffen. Was leisten Zucker- und Futterrüben im Vergleich? Zuckerrübe 55: 231-233.

Einfluss von Pflanzenextrakten mehrjähriger Energiepflanzen auf die Keimfähigkeit verschiedener Ackerkulturen

Martin Gauder, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Mehrjährige Kulturpflanzen wie schnellwachsende Bäume und C4-Gräser verzeichnen mit derzeit 3.500 ha einen steigenden Anbauumfang auf deutschen Ackerflächen (FNR 2009). Eine Rückführung dieser Flächen zur Nutzung mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen soll nach bisherigem Kenntnisstand mittels Spezialfräsen möglich sein (MLR 2008). Da jedoch detaillierte Kenntnisse zu unterschiedlichen Kombinationen von Energiepflanzen und darauf folgenden Kulturpflanzen fehlen, wurde im Rahmen dieser Arbeit mittels Pflanzenextrakten die Wirkung von Blättern und Wurzeln verschiedener Energiepflanzen auf die Keimung von Kulturpflanzen getestet.

Material und Methoden

Für die Durchführung der Keimversuche wurden folgende Pflanzenmaterialien im Frühjahr 2010 aus Versuchsflächen entnommen: Pappelblätter der Sorte 'AF2', Pappelwurzel der Sorte 'AF 2' und 'Max 4', Weidenblätter der Sorte 'Björn', Weidenwurzel der Sorte 'Björn' und 'Tora' sowie Miscanthuswurzel von *M. x giganteus*. Von diesen Materialien wurden jeweils 100 g, 1 cm große Stücke, für 24 Stunden in 500 ml deionisiertem Wasser bei 200 U / min geschüttelt. Nachdem die Pflanzenstücke ausgesiebt waren, wurden in der Zentrifuge mit 4000 U / min schwere Schwebstoffe aus den Extrakten entfernt. Die Extrakte wurden anschließend über Filterpapier nochmals von Trübstoffen gereinigt. Zur Kontrolle wurde deionisiertes Wasser demselben Prozess unterzogen. Die Keimversuche erfolgten in 4 Wiederholungen mit jeweils 100 Samen von Perserklee, Kopfsalat 'Maikönig', Winterraps 'Titan' und Winterweizen 'Dekan'. Die Samen wurden dafür in Petrischalen auf zwei Lagen Filterpapier gelegt und mit 8 ml Extraktflüssigkeit beziehungsweise Kontrollflüssigkeit versehen. Anschließend wurden sie bei Dunkelheit und 20 °C im Keimschrank gelagert. Eine Auszählung gekeimter Samen erfolgte nach 1, 5, 7 und 14 Tagen. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel aller Behandlungen wurde die Keimfähigkeit des Perserklees am stärksten von den Extrakten beeinflusst. Als besonders keimhemmend erwies sich das Extrakt aus Pappelblättern. Selbst nach 14 Tagen lag die Keimrate in dieser Variante bei 0 %, wogegen 82 % der Samen in der Kontrollvariante gekeimt waren. Eine keimverzögernde Wirkung wurde auch durch das Extrakt der Weidenblätter beobachtet. Nach einem Tag waren im Mittel dieser Variante 22 % weniger Samen gekeimt als in der Kontrolle; nach 14 Tagen waren es 13 % weniger als in der Kontrolle. Weiterhin wurde die Keimung durch die Wurzelextrakte von der Pappelsorte 'Max 4' und der Weidensorte 'Tora' negativ beeinflusst. Wurzelextrakte der Pappelsorte 'AF 2', der Weidensorte 'Björn' und von Miscanthus veränderte die Keimrate nicht signifikant gegenüber der Kontrolle (Tab. 1).

Auch im Winterraps war nach 14 Tagen lediglich 1 % der Samen mit dem Extrakt aus Pappelblättern gekeimt, wogegen die Kontrollvariante eine Keimfähigkeit von 97 % aufwies. Die Weidenblätter hatten ebenfalls eine stark keimverzögernde Wirkung. Nach einem Tag waren in dieser Variante 10 % aller Samen gekeimt, wogegen in der Kontrolle bereits 91 % gekeimt hatten. Nach 14 Tagen waren allerdings 86 % der Samen gekeimt, gegenüber 97 % in der Kontrollvariante. Außer den Blattextrakten hatte nach 14 Tagen keines der Wurzelextrakte eine signifikante Keimhemmung auf die Rapsamen.

Tab. 1: Keimrate [%] verschiedener Kulturpflanzen unter dem Einfluss von Extrakten aus Pappel-, Weiden- und Miscanthusmaterialien

Extrakt		Perserklee	Kopfsalat	Winterraps	Winterweizen
	Kontrolle	81.8 ^{ef}	87.3 ^c	96.5 ^c	99.5 ^d
Pappel	Blätter 'AF2'	0.0 ^a	23.0 ^a	1.3 ^a	32.3 ^a
	Wurzel 'AF2'	83.2 ^f	82.8 ^b	96.3 ^c	99.5 ^d
	Wurzel 'Max 4'	63.4 ^b	90.3 ^d	95.0 ^c	98.0 ^{cd}
Weide	Blätter 'Björn'	71.3 ^c	82.5 ^b	85.5 ^b	99.0 ^d
	Wurzel 'Björn'	81.8 ^e	87.8 ^c	96.0 ^c	95.3 ^b
	Wurzel 'Tora'	77.3 ^d	80.8 ^b	96.8 ^c	99.3 ^d
Miscanthus	Wurzel	79.8 ^e	90.0 ^d	95.3 ^c	96.3 ^{bc}

Keimungsraten einer Kulturart mit demselben Buchstaben sind nicht signifikant ($p \leq 5$) voneinander verschieden.

Bei den Samen des Kopfsalats hatten die Blattextrakte die stärkste keimhemmende Wirkung. Auch die Wurzelextrakte der Sorten 'AF 2' und 'Tora' wirkten keimhemmend. Wurzelextrakt der Sorte 'Max 4' und von Miscanthus hatten dagegen eine etwas erhöhte Keimrate zur Folge. Die Samen des Winterweizens wurden ebenfalls durch das Extrakt der Pappelblätter am stärksten in der Keimung gehemmt. Dagegen hatten die Weidenblätter keinen signifikanten Einfluss auf die Keimrate. Das Wurzelextrakt der Weidensorte Björn verringerte die Keimung um 4 %. Das Extrakt der Miscanthuswurzeln führte zu einer geringeren Keimrate von 3 % gegenüber der Kontrolle.

In diesem Versuch hatten die Blattextrakte von Pappeln und Weiden den höchsten Einfluss auf die Keimungsrate der untersuchten Kulturen. Die Wurzelextrakte von Pappel und Weide führten beim Raps zu keiner Beeinflussung. Bei Perserklee, Kopfsalat und Winterweizen wurde die Keimrate teilweise negativ beeinflusst. Das Extrakt der Miscanthuswurzeln führte lediglich im Weizen zu einer signifikanten Keimhemmung von 3 %.

Vor dem Hintergrund der hier gefundenen stark keimhemmende Wirkung der Blätter der Pappel 'AF 2', erscheint diese Sorte als nicht optimal für den Einsatz in Agroforstsystemen. Weitere Versuche in Erds substrat und im Feld müssen zeigen, ob die gefundenen Wirkungen auf die Keimung unter Feldbedingungen übertragbar sind.

Literatur

FNR: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2009: Anbau nachwachsender Rohstoffe 2009. <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/service/daten-und-fakten/anbau/>.

MLR: Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum 2008: Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. FVA Freiburg.

Sekundärauswertung von Landessortenversuchen in Brandenburg mit Blick auf klimatische Effekte

Constance Fuchs*, Janna Sayer*, Frank Ellmer* und Gert Barthelmes**

Einleitung

Ausgehend von den prognostizierten klimatischen Veränderungen in Brandenburg wird das Risiko im Körnerfruchtanbau erheblich zunehmen. Eine wichtige Entscheidung ist dabei die Auswahl von geeigneten Sorten.

Im Rahmen des BMBF-geförderten Innovationsnetzwerkes Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA-BB) ist die Frage zu beantworten, ob mit dem aktuellen Sortiment von Winterweizen und Winterroggen eine gezielte Anpassung an klimatische Veränderungen möglich ist.

Hierzu wurden folgende Arbeitsthesen aufgestellt:

- Der Züchtungsfortschritt erbrachte einen positiven Trend für das Ertragsniveau.
- Es gibt Sorten, die sich im Merkmal Kornertrag unter besonderen klimatischen Bedingungen vom Referenzsortiment abheben.
- Sorteneffekte werden durch Umweltfaktoren überlagert.
- Frühreife Sorten zeigen in Trockenjahren Ertragsvorteile.

Material und Methoden

Das Datenmaterial wurde vom Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVLF) zur Verfügung gestellt. Es umfasst die Kornerträge der Landessortenprüfungen und Witterungsdaten (Niederschlagshöhe, Temperatur) für den Zeitraum 2003 bis 2009. Der Datensatz für Winterweizen enthält 538 Prüfwerte von 82 verschiedenen Sorten. Für Winterroggen liegen 281 Prüfwerte von 44 Sorten vor.

Untersucht wurden vier Brandenburger Versuchsstandorte der Landessortenprüfung (Dürrenhofe, Güterfelde, Nuhnen, Zehdenick). Kennzeichnend für diese Standorte sind ein hohes Trockenstressrisiko und Ackerzahlen unter 35. Als Bodenarten dominieren lehmige und anlehmige Sande. Die Datenanalyse erfolgte mit Microsoft® EXCEL 2002, SPSS 15.0 und Statgraphics.

Ergebnisse und Diskussion

Bei Winterroggen ergibt sich ein nicht signifikanter Ertragsanstieg, der für den betrachteten Zeitraum dem Niedrigertragsjahr 2003 geschuldet ist. Für Winterweizen konnte keine Ertragsprogression festgestellt werden. Im Sortenranking wurden für beide Fruchtarten Sorten festgestellt, die unabhängig von der Jahreswitterung im Merkmal Kornertrag dominierten (vgl. Tab. 1, Tab. 2). Der Kornertrag war im untersuchten Zeitraum stärker von Umweltfaktoren als von Sorteneffekten beeinflusst. Ertragsvorteile frühreifer Sorten sind bei Winterweizen nur im Trockenjahr 2006 tendenziell nachweisbar. Für Winterroggen ist dies jedoch nicht belegbar.

* Humboldt Universität, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

** Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau, Referat Ackerbau und Grünland, Stahnsdorfer Damm 1, 14532 Stahnsdorf

Tab. 1: Auszug aus dem Sortenranking Winterweizen 2003 - 2009

Rang	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹
1.	Akteur (E)	75,3	Alitis (A)	91,5	Akratos (A)	76,5	Brilliant (A)	55,9	Potenzial (A)	71,5	Tabasco (Ck)	81,9	Tabasco (Ck)	79,8
2.	Campani (B)	73,8	Meunier (A)	85,5	Hybrid (B)	75,6	Cubus (A)	55,2	Chevalier (A)	68,4	(Signal) (o.A.)	78,3	Hermann (Ck)	76,3
3.	Cubus (A)	72,8	Ephoros (B)	85,5	Cubus (A)	73,8	Hermann (Ck)	54,4	Ephoros (B)	67,8	JB Asano (A)	77,7	Tarkus (B)	75,6
4.	Idol (E)	70,8	Buteo (B)	85,3	Buteo (B)	71,6	Akratos (A)	54,4	Impression (A)	67,4	Julius (B)	76,4	Mulan (B)	75,6
5.	Atoll (B)	70,0	Tulsa (o.A.)	84,1	Ephoros (B)	71,6	Toras (A)	54,4	Mulan (B)	67,2	Skalmeje (C)	75,4	Jenga (A)	75,5

Tab. 2: Auszug aus dem Sortenranking Winterroggen 2003 - 2009

Rang	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹	Sorte	dt ha ⁻¹
1.	Fernando (H)	56,8	Carotrumpf (S)	87,8	Agronom (H)	80,4	Visello (H)	73,7	Balistic (H)	78,8	Bellami (H)	85,5	Palazzo (H)	95,1
2.	Gamet (H)	54,7	Rasant (H)	85,9	Amato (H)	80,0	Rasant (H)	71,4	Hellvus (H)	77,1	Placido (H)	81,5	Guttino (H)	93,0
3.	Picasso (H)	52,6	Askari (H)	83,6	Resonanz (H)	79,2	Fernando (H)	71,4	Placido (H)	75,8	Visello (H)	80,5	Helltop (H)	91,2
4.	Avanti (H)	52,5	Avanti (H)	81,5	Rasant (H)	78,7	Amato (H)	70,5	Evolvo (H)	74,3	Balistic (H)	79,8	Askari (H)	89,8
5.	Treviso (H)	51,9	Fernando (H)	80,9	Picasso (H)	77,9	Pollino (H)	70,4	Garibaldo (H)	73,9	Minello (H)	79,8	Minello (H)	89,2

Die Wasserverfügbarkeit in der Vegetationsperiode beeinflusst den Ertrag von Winterweizen- und Winterroggensorten unterschiedlich. Weizen zeigte eine größere Variabilität bei Wassermangel, Roggen demgegenüber bei ausreichender Wasserversorgung.

Interaktionen zwischen Sorten und Klima sind tendenziell vorhanden. Eindeutige Nachweise und verlässliche Aussagen aus diesem Datenmaterial der Landessortenversuche sind schwer ableitbar und statistisch nicht belegbar. Probleme sind die große Heterogenität des Datenmaterials (jährlicher Sortenwechsel, Standort, Witterung, Versuchsdesign). Zudem sind die Witterungs- und Ertragsdaten schwer zu korrelieren.

Literatur

Mirschel W., Wenkel K.O., Wieland R., Köstner B. (2009): Klimawandel und Landwirtschaft, LfULG, Dresden.

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (o.A.): Integriertes Klimaschutzmanagement. Bericht an den Landtag Brandenburg.

Vergleichende ökonomische Betrachtung verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen einschließlich MEKA bei Getreide und Winterraps

Teresa Schneider^{*}, Wilfried Hermann^{*}, Simone Graeff-Hönninger^{**} und Wilhelm Claupein^{**}

Einleitung

Mit dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA) hat das Land Baden-Württemberg ein Agrarumweltprogramm geschaffen, das in seinen Grundzügen bereits seit 1992 in weiten Teilen des Landes einen festen Bestandteil der landwirtschaftlichen Praxis darstellt (LEL 1998:1). Der Kernmechanismus des MEKA besteht dabei darin, dass die Mindererträge bzw. Mehrkosten, die durch bestimmte Bewirtschaftungsauflagen entstehen, finanziell kompensiert werden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die potenziellen Ertrags- und Qualitätsverluste die Zahlung der Ausgleichsleistungen rechtfertigen und ob diese in angemessener Höhe angesetzt sind. Um dieser Fragestellung nachzugehen, wurde ein mehrjähriger Feldversuch ausgewertet, der auf der Versuchsstation der Universität Hohenheim „Ihinger Hof“ durchgeführt wurde. Im Rahmen dieses Versuches wurden über die Versuchsdauer von sechs Jahren verschiedene extensive Bewirtschaftungsmaßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog des MEKA II umgesetzt und ihre Auswirkungen auf die Parameter Ertrag, Rohproteingehalt und den Deckungsbeitrag des jeweiligen Anbauverfahrens untersucht.

Material und Methoden

Die Versuchsfaktoren umfassen drei Fruchtarten mit jeweils zwei Sorten (Winterraps cv. Talent und Smart; Winterweizen cv. Dekan und Tommi; Sommergerste cv. Henni und Pasadena) und drei Bewirtschaftungsmaßnahmen mit verschiedenen Varianten (Bodenbearbeitung (BB): Pflug- und Mulchsaat,; Reihenweite (RW) gekoppelt mit Fungizideinsatz: RW 12 cm und RW 17 cm; N-Düngungsniveau: Düngung gemäß ordnungsgemäßer Landbewirtschaftung (ogL) nach Bedarfs- und Faktorvorgaben: ogL, ogL – 20 % und ogL + 20 %). Diese Bewirtschaftungsauflagen beziehen sich dabei auf die MEKA-Maßnahmen E2 „Verringerung der bedarfsgerechten Stickstoffdüngung auf Ackerflächen um 20%“, E4 „Mulchsaat“ und E6 „Erweiterung des Drillreihenabstands auf mindestens 17 cm bei Getreide“. Für die Ergebnisauswertung wurden der Ertrag, die Rohproteingehalte sowie der im Nachhinein errechnete Deckungsbeitrag betrachtet. Tab. 1 zeigt die Varianten, die bei der Auswertung unterschieden wurden.

Tab. 1: Aufschlüsselung der Varianten

		BB	RW (cm)	Düngung
Variante 1	„Normal“	Pflug	12	ogL
Variante 2	„Mulch“	Mulchsaat	12	ogL
Variante 3	„RW 17“	Pflug	17	ogL
Variante 4	„ogL-20%“	Pflug	12	ogL-20%
Variante 5	„Mulch+RW17“	Mulchsaat	17	ogL
Variante 6	„Mulch+ogL-20%“	Mulchsaat	12	ogL-20%
Variante 7	„RW 17+ogL-20%“	Pflug	17	ogL-20%
Variante 8	„Alles“	Mulchsaat	17	ogL-20%

Für die dargestellten Ergebnisse wurden die Daten der verschiedenen Fruchtarten und Sorten über die Fruchtfolge gemittelt und die Varianten mit Hilfe des Statistikprogramms Sigma.Stat 3.5 (Jandel Scientific, USA) ausgewertet. Dazu wurden einfaktorielle

^{*} Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Ihinger Hof, Universität Hohenheim, 71272 Renningen

^{**} Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

Varianzanalysen durchgeführt und über den Tukey-Test die Grenzdifferenz für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($\alpha=0,05$) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Wie Abb. 1 zeigt, variieren die Erträge der einzelnen Varianten nur unwesentlich voneinander. Der Ertragsunterschied zwischen „Normal“, sprich keiner Anwendung von MEKA-Maßnahmen und „Alles“, also die Durchführung aller drei Bewirtschaftungsauflagen, betrug ca. 5 dt ha⁻¹. Tendenziell sanken die Erträge mit zunehmender Anzahl der durchgeführten Extensivierungsmaßnahmen. Bei der Betrachtung einzelner Jahre und Fruchtarten bzw. Sorten konnten diese Differenzen in Einzelfällen auch signifikant sein (Jahreseffekt). Dies kann jedoch nicht pauschal den Auswirkungen der MEKA-Maßnahmen zugeordnet werden.

In Bezug auf den Deckungsbeitrag konnte eine gegenläufige Entwicklung beobachtet werden (Abb. 2). Je mehr MEKA-Maßnahmen durchgeführt wurden, umso höher war der beobachtete Deckungsbeitrag (Abb. 2).

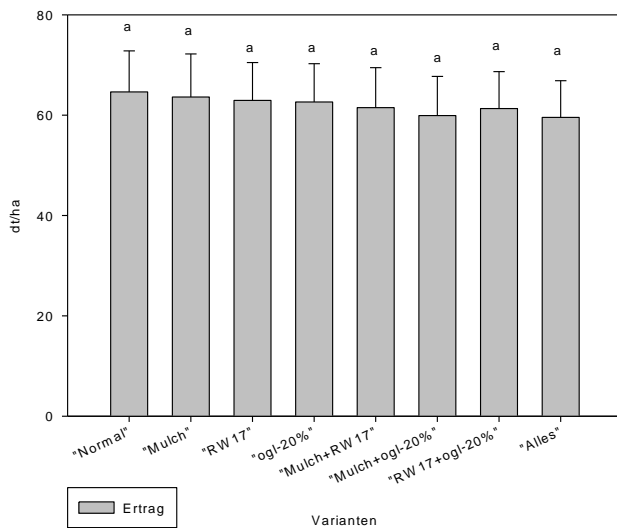


Abb. 1: Mittel der Erträge der einzelnen Varianten über die gesamte Fruchtfolge

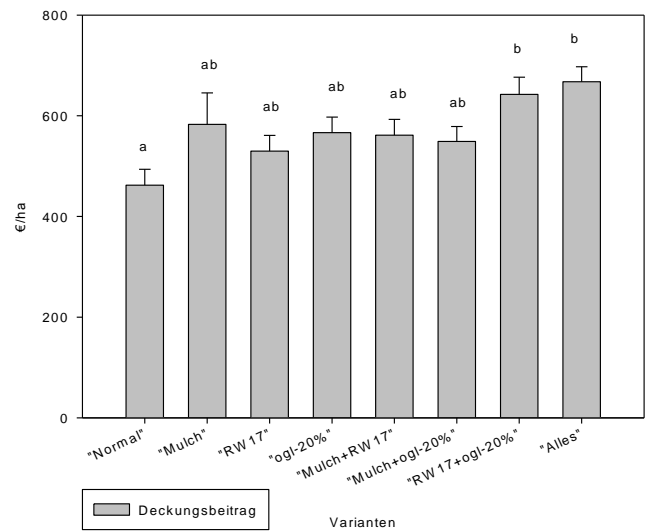


Abb. 2: Fruchtfolgemittel der Deckungsbeiträge der einzelnen Varianten

Die Ergebnisse zeigten, dass die durchgeführten MEKA-Maßnahmen über den Zeitraum einer Fruchtfolge nicht zu signifikanten Ertragsverlusten führen. Auch die Qualität des Ernteguts in Bezug auf den Rohproteingehalt litt nicht unter den extensiven Anbauverfahren. Die gewährten Ausgleichszahlungen führen zu einer signifikanten Erhöhung des Deckungsbeitrages, da sie die Ertragsverluste und Mehrkosten überkompensierten.

Literatur

LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume mit Landesstelle für Landwirtschaftliche Marktkunde) 1998: Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich. Evaluierung von Programmen nach der Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren in Baden-Württemberg.

Ertrag und Ertragsstruktur von Winterweizen nach den Vorfrüchten Silomais, Zuckerrüben, Winterraps und Winterweizen

Heinz-Josef Koch und Andreas Muskolus

Einleitung

Der zeitliche Wechsel abgestimmter Kulturpflanzen auf derselben Fläche gilt als wesentliche ertragssichernde Errungenschaft in der Geschichte des mitteleuropäischen Ackerbaus. Fruchtfolgen optimieren Nährstoffflüsse und können Krankheits-, Schädlings- und Unkrautbefall verhindern oder verringern. Um Vorfruchtwirkungen praxisrelevant quantifizieren zu können, sind Systemversuche notwendig, in denen der Einsatz synthetischer Dünger und chemischer Pflanzenschutzmittel mit jeweils optimaler Intensität erfolgt. Im Folgenden sind Ergebnisse eines solchen Versuches im Leinetal bei Göttingen dargestellt.

Material und Methoden

Um die direkte Vorfruchtwirkung von Winterweizen (WW), Winterraps (WR), Silomais (SM) und Zuckerrüben (ZR) auf Winterweizen quantifizieren zu können, wurden in den Anbaujahren 2008 und 2009 Kornerträge, Ährendichten und Tausendkorngewichte (TKG) gemessen. Die Kornzahlen je Ähre wurden daraus errechnet. Differenzierte Anbaubedingungen ergaben sich durch eine frühe (nach Winterweizen und Winterraps) und zwei bis vier Wochen spätere Aussaat (nach Zuckerrüben und Silomais) sowie eine entsprechend angepasste Saatstärke (250 Körner je m² bei früher Saat, 350 Körner je m² bei später Saat). Aufgrund der standortbedingt hohen Ertragserwartung betragen die N-Sollwerte nach den Vorfrüchten WR und ZR 240 kg N ha⁻¹ und nach WW und SM 260 kg ha⁻¹. Nach einer Startgabe von einheitlich 50 kg N (zu Vegetationsbeginn) ergaben sich Unterschiede in der mit AHL durchgeführten Stickstoffdüngung durch die Berücksichtigung der jeweiligen Frühjahrs-N_{min} Werte bei den Gaben zum Schossen (EC 31, EC 37). Als geteilte Spätdüngung (EC 47-51) wurden nach den Vorfrüchten Winterweizen und Silomais insgesamt 80 kg N ha⁻¹ und nach Winterraps und Zuckerrüben aufgrund der erwarteten höheren N-Nachlieferung insgesamt 60 kg N ha⁻¹ ausgebracht. Weitere, allerdings schwer zu quantifizierende, Einflüsse ergaben sich z. B. aus der Nährstoffnachlieferung durch Ernterückstände, Bodenstruktureffekte (Raps als Tiefwurzler) sowie der Selbstunverträglichkeit von Weizen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge nach Winterraps und Silomais lagen im Mittelwert der beiden Versuchsjahre signifikant über denen nach Winterweizen (Abb. 1). Dieser Minderertrag resultierte dabei sowohl aus einer tendenziell geringen Kornzahl je Ähre (Abb. 2) als auch aus einem tendenziell geringeren TKG, während Winterraps als Vorfrucht beide Parameter günstig beeinflusste. Entgegen den Ergebnissen von Honermeier und Behle-Schalk (2008) wurden nach Zuckerrüben geringere Kornerträge erreicht als nach Winterraps, was bei der vergleichsweise höchsten Ährendichte auf eine geringere Kornzahl je Ähre und ein geringes TKG zurückzuführen war. Insgesamt variierten die in frühen Entwicklungsstadien ausgeprägten Ertragsstrukturparameter deutlich stärker als das später determinierte

TKG. Die Spannweiten der Jahresmittelwerte betragen bei der Ährendichte 8,8 %, bei der Kornzahl je Ähre 13 % und beim TKG 3,7 %. Unterschiedliche Ährendichten ließen sich dabei allerdings nicht auf den Saattermin oder die Aussaatstärke zurückführen.

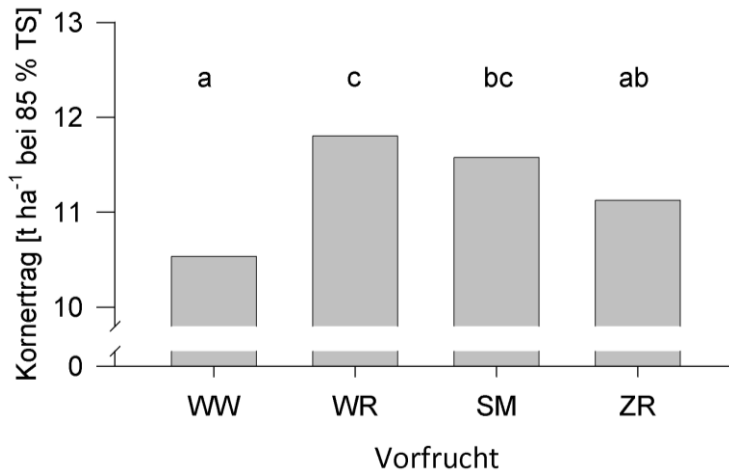


Abb. 3: Kornertrag von Winterweizen nach den Vorfrüchten Winterweizen (WW), Winterweizen (WR), Silomais (SM) und Zuckerrüben (ZR) im Mittel der Versuchsjahre 2008 und 2009. Ort: Harste bei Göttingen, unterschiedliche Buchstaben markieren Signifikanzen ($p=0,05$; Tukey)

Im Gegensatz zu den Beobachtungen von Christen (2001) unterschied sich die Kornzahl je Ähre zwischen den Vorfrüchten in den beiden Anbaujahren stärker als die Ährendichte und das TKG. Die z. T. signifikant höhere Kornzahl je Ähre nach Winterweizen und Silomais war grundsätzlich auf Kompensationseffekte als Reaktion auf die Bestandesdichten zurückzuführen. Möglicherweise wurde dieser Ertragsstrukturparameter zusätzlich durch eine bessere N-Nachlieferung nach Winterweizen sowie die erhöhte N-Düngung nach Silomais bei im Vergleich zur Vorfrucht Winterweizen fehlender N-Fixierung durch Stroh beeinflusst. Diese Ergebnisse gilt es in weiteren Versuchsjahren zu überprüfen.

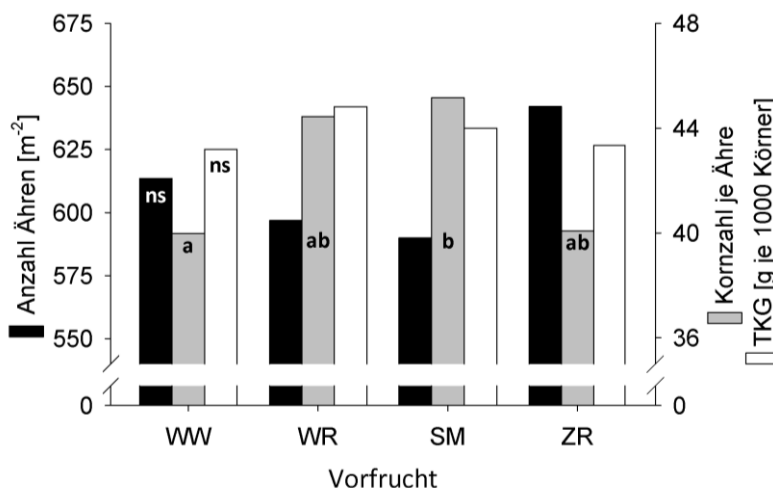


Abb. 4: Ährendichte je m², Kornzahl je Ähre und TKG von Winterweizen nach den Vorfrüchten Winterweizen (WW), Winterweizen (WR), Silomais (SM) und Zuckerrüben (ZR) im Mittel der Versuchsjahre 2008 und 2009. Ort: Harste bei Göttingen, unterschiedliche Buchstaben markieren Signifikanzen ($p=0,05$; Tukey)

Literatur

- Christen O. 2001: Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Pflanzenbauwissenschaften 5(1): 33-39.
 Honermeier B., Behle-Schalk L. 2008: Vorfruchtwert von Raps. Raps 26(2): 92-95

Alternative Anbauverfahren bei Weizen – Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Ertrag

Marianne Häfner, Ernst A. Weber, Falko Stockmann und Wilhelm Claupein

Einleitung

Der Umfang der Anlage und Reduktion von Ertragsorganen bei Getreide wird entscheidend durch das Saatverfahren und die Saatkichte beeinflusst (Kübler 1994).

Im Rahmen einer Studie wurden bei Sommerweizen verschiedene Verfahren, darunter ein alternatives Anbauverfahren („Tiefpflanzverfahren“), die konventionelle Drillsaat und die Dammkultur (Ridge till) in Abhängigkeit von Saatkichte und Reihenabstand hinsichtlich Bestockungsverhalten, Ertragsaufbau und Ertragsleistung geprüft.

Das „Tiefpflanzverfahren“ stellt ein spezielles Verfahren dar, bei dem Keimpflanzen zuerst in Vorkeimkisten angezogen werden und im Dreiblattstadium in geringer Pflanzdichte in Furchen ca. 2-3 cm tief gepflanzt werden. Nach Erreichen der Höhe der Furchenkämme werden diese eingeebnet. In einem weiteren Schritt werden die Pflanzen angehäuelt. Es wird angenommen, dass durch diese Maßnahmen die Bestockung und die Ausbildung sprossbürtiger Wurzeln gefördert werden, was wiederum Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum, den Ertrag und die Qualität haben soll.

Material und Methoden

Der Feldversuch (randomisierte Blockanlage, 3 Wiederholungen) wurde in der Vegetationsperiode 2010 auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, \varnothing 8,1°C, \varnothing 693 mm, Bodenart: Lehm) der Universität Hohenheim durchgeführt. Folgende Varianten wurden mit der Sommerweizensorte Triso geprüft (Tab. 1):

Tab. 1: Geprüfte Saatverfahren, Saatkichten und Reihenabstände im Versuch

Verfahren; Reihenabstand	Saatdichte 1 ----- Kf. Kö m ²	Saatdichte 2 Kf. Kö m ²	Saatdichte 3 -----	Variante
Drill; 12 cm	400	200	20	1;2;3
Drill; 23,5 cm	400	200	20	4;5;6
Tiefpflanz; 25 cm	20	-	-	7
Ridge Till; 50 cm	400	200	20	8;9;10

Die Aussaat (Drill, Ridge-Till) erfolgte am 23. März 2010. Zeitgleich wurden für das Tiefpflanzverfahren die Pflanzen in Vorkeimkisten angezogen. Am 22. April 2010 wurden diese Pflanzen im Dreiblattstadium in Furchen ca. 3 cm tief ausgepflanzt. In dieser Variante wurden am 8. Juni die Furchen mit einem Striegel eingeebnet und von Hand angehäuelt. Zu Schossbeginn wurde der erste Probeschnitt durchgeführt, um den durchschnittlichen Bestockungsumfang zu ermitteln. Düngung und Pflanzenschutz erfolgten betriebsüblich und einheitlich über alle Varianten. Am 4. Juni (BBCH 31-34) wurde der N-Ernährungsstatus mit Hilfe des Yara N-Testers gemessen. Zur Ernte 2010 sollen die Ertragskomponenten ährentragende Halme m², Kornzahl Ähre⁻¹, TKG, der Kornertrag sowie ausgewählte Qualitätsparameter bestimmt werden. Die statistische Auswertung der vorliegenden Daten erfolgte mit der Prozedur MIXED des Statistikpaketes SAS. Für den Parameter Triebzahl pro m²

wurden die Varianten mit 20 Kö m⁻² von den übrigen Varianten getrennt verrechnet, um Varianzhomogenität zu erreichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten Triebzahlen pro m² wurden bei Drillsaat und hoher Saatkichte (400 Kö m⁻²) unabhängig vom Reihenabstand gefunden (1100-1400 Triebe m⁻²), gefolgt von den Drillvarianten mit reduzierter Saatkichte (200 Kö m⁻²) und den Ridge-Till-Varianten mit 400 bzw. 200 Kö m⁻² (Abb. 1). In den mit 20 Körnern bzw. Pflanzen m⁻² extrem dünn „gesäten“ Varianten wies das Pflanzverfahren bei einem durchschnittlichen Bestockungsumfang von 15 Trieben pro Pflanze verglichen mit dem Drill- und Ridge-Till-Verfahren (12 bzw. 10 Triebe Pflanze⁻¹) mit 300 Trieben m⁻² die höchste Triebzahl pro m⁻² auf, vermutlich mit bedingt durch die gleichmäßigere Verteilung der Pflanzen. Trotz der erheblich stärkeren Bestockung bewegten sich in diesen Varianten die Triebzahlen pro m² um ein Mehrfaches unterhalb der Varianten mit 200 bzw. 400 ausgesäten Körnern m⁻².

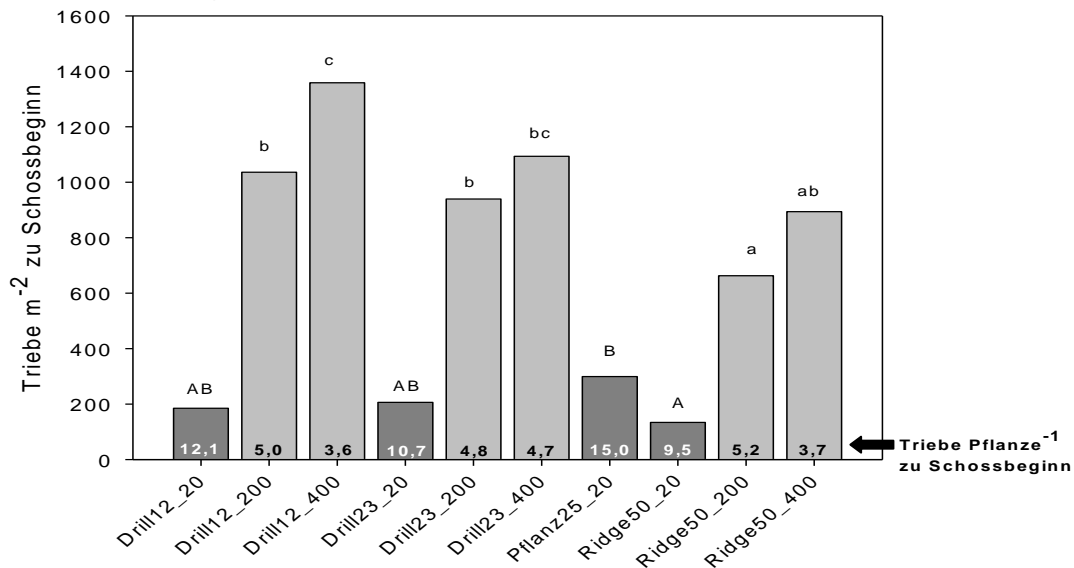


Abb. 1: Anzahl Triebe m⁻² der Sommerweizensorte Triso zu Schossbeginn in Abhängigkeit vom Anbauverfahren, der Saatkichte und dem Reihenabstand. Sorten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha=0,05$; Tukey-Test)

Entsprechend der deutlich geringeren Triebzahlen m⁻² zeigten die mit 20 Kö m² bestellten Drill-, Ridge-Till- und Tiefpflanz-Varianten signifikant höhere SPAD-Werte als Maß für den N-Ernährungszustand der Pflanzen zum Stadium Schossen (nicht dargestellt).

In welchem Umfang Ertragsorgane bis zur Erntereife in Abhängigkeit vom Saatverfahren und der Saatkichte reduziert werden und sich dies in differenzierten Kornertragsstrukturen, Kornerträgen und technologischen Qualitäten niederschlägt, wird über einen Probeschnitt vor Ernte und die genannten Nachernteuntersuchungen ermittelt.

Literatur

Kübler E. 1994: Weizenanbau. Verlag Eugen Ullmer, Stuttgart

Einfluss von Reihenabstand auf die Acrylamidbildung ökologisch produzierter Winterweizen

Falko Stockmann, Benjamin Gökeler, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Das System „Weite Reihe“ liefert Lösungsansätze für zwei Problembereiche des Ökologischen Landbaus: Unkrautregulierung und Nährstoffmanagement. Im Ökologischen Landbau ist der Einsatz chemisch-synthetischer Unkrautbekämpfungsmittel verboten. Durch einen erweiterten Reihenabstand ist es möglich, Unkrautbekämpfung mit unterschiedlichen systemangepassten Techniken effektiv durchzuführen (Becker 2007). Darüber hinaus können bodenverbessernde Nebenwirkungen der mechanischen Pflegemaßnahmen das Wachstum der Kulturpflanzen fördern (Ruhe 2000). Im Ökologischen Landbau ergibt sich für den Qualitätsweizenanbau häufig das Problem, dass unter stickstofflimitiertem Anbau die geforderten Richtwerte bezüglich Rohproteingehalte im Korn nicht erreicht werden. Unter nährstofflimitierten Bedingungen werden vergrößerte Reihenabstände empfohlen, damit sich die in der Reihe dicht stehenden Getreidepflanzen in der vegetativen Phase zunächst im Wachstum wechselseitig begrenzen und von den verfügbaren Vorräten noch in der generativen Phase (Kornfüllung) zehren können (Baeumer 1992). Folglich wird das begrenzte Angebot an Stickstoff im Boden über die gesamte Vegetation von der Einzelpflanze effektiver genutzt, was eine Steigerung der Getreidequalität mit sich bringen kann.

Noch ist unklar, inwieweit sich die gesteigerte N-Nutzung der Pflanze durch diese Anbauform auch auf die Bildung von freiem Asparagin auswirkt, welches die Vorstufe des als wahrscheinlich kanzerogen eingestufteten Stoffs Acrylamid ist.

Material und Methoden

Basis dieses Versuchs waren zweijährige Feldversuche (2007 und 2008) auf der Versuchsstation für Ökologischen Landbau Kleinhohenheim (9°20' O, 48°74' N, 450 m über NN) der Universität Hohenheim (Stuttgart, Deutschland). Während des Versuchszeitraumes von Oktober bis Juli lag die Durchschnittstemperatur bei 10,14 °C (2006/2007) bzw. 8,83 °C (2007/2008). Die gemessenen Niederschläge betragen 789,6 mm (2006/2007) und 700,6 mm (2007/2008). Parabraunerde konnte als Bodentyp identifiziert werden sowie Löss (uL) bis sandig toniger Lehm (stL) als Bodenart. Die Bodenzahl betrug 60-65. Nach Vorfrucht Winterweizen konnten N_{\min} -Gehalte im Frühjahr 2007 von 35 kg N ha⁻¹ (Bodentiefe 0-60 cm) und im Frühjahr 2008 von 62 kg N ha⁻¹ in einer Bodentiefe von 0-60 cm ermittelt werden.

In einem randomisierten Feldversuch mit drei Wiederholungen wurden die beiden Winterweizensorten Bussard (E-Weizen) und Naturastar (A-Weizen) mit variiertem Reihenabstand (12,5 cm bzw. 30 cm) geprüft. Die N-Düngung erfolgte mit Rindergülle zu Vegetationsbeginn (50 kg N ha⁻¹) und zu EC 31/32 (50 kg N ha⁻¹).

Zur Bestimmung der Qualität wurden u. a. TKG, Rohprotein, Fallzahl und Sedimentationswert nach Standardmethoden analysiert. Die Abschätzung des freien Asparagin erfolgte über HPLC-Fluoreszenzdetektion. Acrylamid, als wertmindernder Inhaltsstoff, wurde nach Erhitzung von Mehlproben mittels LC-MS-MS gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Über beide Versuchsjahre hinweg zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Reihenweite auf den Ertrag einzig bei der Winterweizensorte Bussard. Hierbei erreichte eine Reihentfernung von 12,5 cm einen durchschnittlichen Ertrag von 42 dt ha⁻¹. Eine Vergrößerung der Reihenweite ließ die Erträge im Mittel auf 39 dt ha⁻¹ sinken. Dahingegen hatte eine Veränderung der Reihenweite bei der Sorte Naturstar keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag (nicht dargestellt). Der Rohproteingehalt zur Einschätzung der Backqualität ist in Abb. 1 (A) dargestellt. Im Durchschnitt lagen die Gehalte bei 11,2 %, wobei im Jahr 2008 bei beiden Sorten die höheren Gehalte ermittelt wurden. Ein statistischer Einfluss der Reihenweite 30 cm auf den Rohproteingehalt konnte nur für die Sorte Bussard und nur im Jahr 2008 erfasst werden. Dies spiegelte sich ebenfalls für den Gehalt an freiem Asparagin wider (Abb. 1 B), der bei einer Reihenweite von 30 cm im Jahr 2008 signifikant über dem Asparagingehalt in der Variante Reihenabstand 12,5 cm lag. Ferner konnte ein Jahreseinfluss für die engere Reihentfernung erfasst werden.

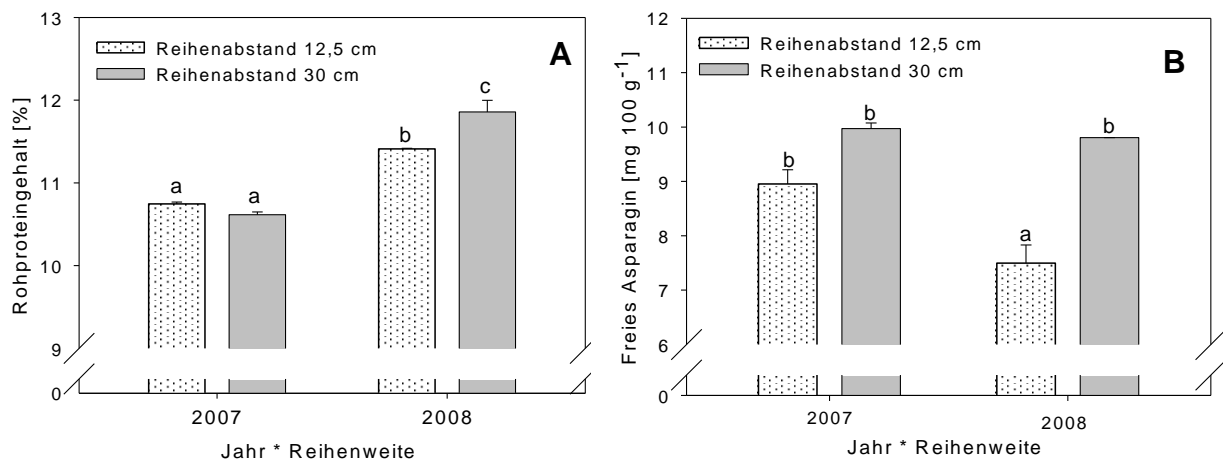


Abb. 1: (A) Rohproteingehalt [% in TS] und (B) Gehalt an freiem Asparagin [mg 100 g⁻¹] der Sorte Bussard in Abhängigkeit vom Versuchsjahr und dem Reihenabstand. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha=0,05$, Tukey-Test, Fehlerbalken=Standardfehler)

Nicht dargestellt ist der Zusammenhang zwischen den Parametern Rohprotein und freiem Asparagin bei einem vergrößerten Reihenabstand von 30 cm. Es zeigte sich in beiden Jahren und für beide Sorten eine enge Korrelation ($R^2: \emptyset 0,92^*$). Bei einer Reduzierung der Reihenweite auf 12,5 cm zeigte sich dieser Zusammenhang nur im Jahr 2007, nicht aber im Jahr 2008.

Schlussfolgernd scheint eine Verminderung von freiem Asparagin im Korngut und damit einer Reduzierung von Acrylamid im Endprodukt über das Anbauverfahren „Weite Reihe“ nur unter gleichzeitiger Beeinträchtigung der Backqualität realisierbar.

Literatur

- Becker K. 2007: Das Anbauverfahren – Weite Reihe. Landesbetrieb Landw. Hessen in Zusammenarbeit mit der Univ. Gießen und der Bundesanst. für Landw. und Ernährung BLE (Hrsg.) Fachinformationen – Ökol. Landw. und ökol. Gartenbau, 1/2007, ISSN 1610-698X, Jürgen Haas Print Cons.
- Ruhe I. 2000: Winterweizenanbau in stickstofflimitierten Produktionssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Ertragsbildung, der organischen Düngung und der mechanischen Beikrautregulierung. Diss., Univ. Kiel.
- Baeumer K. 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Ullmer Verlag, Stuttgart.

Anbau von Ackerbohnen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus bei differenzierter Bodenbearbeitung – Ergebnisse zur symbiotischen Stickstoff-Fixierung

Rüdiger Jung und Rolf Rauber

Einleitung

Im Rahmen des Kooperationsprojektes „Entwicklung neuer Strategien zur Mehrung und optimierten Nutzung der Bodenfruchtbarkeit“ beschäftigte sich das Göttinger Teilprojekt u. a. mit den Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung sowie nicht-legumer Zwischenfrüchte auf die symbiotische N₂-Fixierleistung von Ackerbohnen. Nachfolgend werden Ergebnisse aus dem Untersuchungsabschnitt der Jahre 2008 bis 2009 wiedergegeben. Weitere Einzelheiten zum Projekt und zu den Zielen wurden bereits mitgeteilt (Jung und Rauber 2009).

Material und Methoden

Die Versuche wurden in Göttingen-Reinshof auf ökologisch bewirtschafteten Flächen durchgeführt (Auenlehm, Ø 83 BP, Ut2, Humusgeh. Ø 2,7 %, pH-Bodenlösung: 6,7). Folgender Fruchtfolgeausschnitt wurde geprüft: Sommergerste – Hafer-Sonnenblumen-Gemenge als nichtlegume Zwischenfrucht – Ackerbohne.

Tab. 1: Differenzierte Bodenbearbeitung vor Aussaat der Ackerbohne

	Anbausystem	Art der Bodenbearbeitung	Arbeitsgerät	Bearbeitungstiefe
A.	Festbodenmulchsystem (FMS)	ohne	ohne	-
B.	Lockerbodenmulchsystem (LMS)	reduziert	Flügelschargrubber	~ 0,15 m
C.	Lockerbodensystem (LBS)	konventionell	Wendepflug	~ 0,25 m

Prüffaktoren waren a) die Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Tab. 1) und b) der Anbau der Zwischenfrucht vor der Ackerbohne (mit oder ohne). Die Variante „ohne Zwischenfrucht“ wurde durch Abflammen der Beikräuter zu vier Terminen (Spätsommer und Herbst 2008) als Schwarzbrache angelegt. Die symbiotische Stickstofffixierleistung der Ackerbohnen wurde mit Hilfe der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode („natural abundance“) berechnet. Als Wert für die Isotopenfraktionierung („B-Wert“) wurde auf Grundlage von Literaturdaten -0,6 ‰ eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge der Ackerbohnen (cv. Fuego) lagen im Jahr 2009 mit ca. 30 dt TM pro ha deutlich unter den für diesen Standort in der Vergangenheit beobachteten Durchschnittserträgen (Tab. 2). Dies ist vorwiegend auf den massiven Befall mit Schwarzer Bohnenlaus (*Aphis fabae*) im Spätsommer zurückzuführen. Signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsfaktoren wurden nicht beobachtet. Die Isotopensignaturen der Referenzfrucht Sommerweizen waren signifikant höher als jene der Ackerbohnen (Tab. 2). Die $\delta^{15}\text{N}$ -Methode konnte somit angewendet werden. Berechnungen mit der erweiterten Differenzmethode ergaben geringfügig höhere N-

Fixierraten als in Tab. 2 angegeben. Zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden (Tab. 2). Die Variante Festbodenmulchsystem (FMS) hat demnach nicht schlechter – aber auch nicht besser – abgeschnitten als die Varianten mit intensiverer Bodenbewegung vor der Aussaat (LMS und LBS).

Tab. 2: N-Isotopensignaturen ($\delta^{15}\text{N}$ für Referenzfrucht Sommerweizen und Ackerbohne) sowie Kornertrag und N-Parameter für Ackerbohne zum Zeitpunkt der Ernte (17.08.2009). Faktor Bodenbearbeitung (BB) mit Festbodenmulchsystem (FMS), Lockerbodenmulchsystem (LMS) und Lockerbodensystem (LBS). Faktor Zwischenfrucht (ZF) mit Sonnenblumen-Hafer-Gemenge (ZF-mit) und als Schwarzbrache (ZF-ohne). Alle Daten (außer Kornertrag) beziehen sich auf die oberirdische Trockenmasse (Σ Korn + Spross + Blattfall).

	Sommerweizen	Ackerbohne				
	$\delta^{15}\text{N}$ (δ -‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (δ -‰)	Kornertrag (dt TM ha ⁻¹)	NBt (kg N ha ⁻¹)	Ndfa (%)	Nfix (kg N ha ⁻¹)
BB-FMS	3,989	1,005	29,4	208,7	65,2	136,5
BB-LMS	4,282	1,138	29,0	206,5	64,3	132,4
BB-LBS	4,321	1,194	32,5	212,8	63,8	136,3
<i>GD 5% Tukey</i>	<i>0,617</i>	<i>0,232</i>	<i>8,5</i>	<i>32,5</i>	<i>5,1</i>	<i>24,8</i>
ZF-mit	4,108	0,817	30,8	211,5	69,8	147,6
ZF-ohne	4,287	1,406	29,7	207,1	59,1	122,5
<i>GD 5% Tukey</i>	<i>0,413</i>	<i>0,155</i>	<i>5,7</i>	<i>21,8</i>	<i>3,4</i>	<i>16,6</i>
BB	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
ZF	n.s.	***	n.s.	n.s.	***	**
BB x ZF	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Zweifaktorielle Varianzanalyse: *, **, ***, signifikant bei $P < 0,05$; 0,01; 0,001; n.s.: nicht signifikant

GD 5% *Tukey*: Grenzdifferenz bei $P < 0,05$; Tukey-HSD-Test

NBt: gesamt-pflanzlich akkumulierte N-Menge (Summe Korn, Spross und Blattfall, jedoch ohne Wurzeln); Ndfa: Anteil Stickstoff aus der Luft; Nfix: symbiotisch fixierte Stickstoff-Menge

Der Anbau des Hafer-Sonnenblumen-Gemenges als Zwischenfrucht vor der Hauptfrucht Ackerbohne erhöhte deren N-Fixierraten (Ndfa in %) und auch die symbiotisch fixierten N-Mengen signifikant gegenüber der Kontrolle „Schwarzbrache“. Ein Grund waren die signifikant unterschiedlichen Angebote an Nmin-N während der gesamten Vegetationsperiode. Zur ersten Zeiternte (25.05.2009) bzw. zur Ernte (17.08.2009) betragen diese für „ZF-mit“ 44,2 bzw. 27,9 und für „ZF-ohne“ 102,6 bzw. 52,9 kg Nmin-N ha⁻¹ (0 bis 1,2 m Bodentiefe). Da NBt keine Unterschiede zeigte (Tab. 2), konnten die gewünschten Kompensationseffekte nachgewiesen werden.

Literatur

Jung R., Rauber R. 2009: Ertragsbildung, Stickstofffixierung und Unkrautentwicklung in Ackerbohnen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung einschließlich Direktsaat. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 21: 171-172.

Zur Eignung verschiedener Sommererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat mit Getreide für den Ökologischen Landbau

Peer Urbatzka*, Thorsten Haase**, Rüdiger Graß***, Christian Schüler** und Jürgen Heß**

Einleitung

Der Anbau von Sommerkörnererbsen in Reinsaat ist im Ökologischen Landbau aufgrund einer geringen Beikrautunterdrückung und einer häufig mangelnden Standfestigkeit sowie spezifischer Pilzkrankheiten in den letzten Jahren stark rückläufig. Durch den Gemengeanbau mit Getreide können diese Probleme reduziert werden (Poggio 2005). Allerdings fallen im Mischanbau aufgrund der höheren Konkurrenzkraft des Getreides die Kornerträge von Körnererbsen oft unterhalb der Erwartungswerte und damit relativ gering aus (Hauggaard-Nielsen et al. 2009). Daher wurde neben einem Körnertyp ein Grünfuttertyp in Rein- und Gemengesaat auf ihre Anbau-eignung für den Ökologischen Landbau untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2004 auf dem Versuchsstandort der Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhäusen (DFH; Ut3, 80 Bodenpunkte) durchgeführt. Geprüft wurden zwei verschiedene Sommererbsentypen (*Pisum sativum* L.). Hierbei handelte es sich um einen modernen semi-leafless Körnertyp (cv. Santana) und um einen älteren normalblättrigen Grünfuttertyp (cv. Lisa). Beide Erbsen wurden in Reinsaat und in zwei substitutiven Gemengen mit je 25 % (Gem1) bzw. 50 % (Gem2) der Aussaatstärke in Reinsaat (= 80 kf. Körner m⁻²) mit Hafer (cv. Aragon) gesät. Kurz vor dem Korndrusch wurden die Lagerneigung und der Beikrautdeckungsgrad bonitiert. Der Drusch erfolgte auf einer Fläche von 21 m² mit einem Parzellenmähdrescher von Hege. Der relativ yield total (RYT) und ein Mischungseffekt (ME; Erbsenertrag im Gemenge - Erwartungswert) wurden nach Aufhammer (1999) berechnet. Als Versuchsanlage wurde ein Lateinisches Rechteck gewählt (N = 4). Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.1.

Ergebnisse und Diskussion

Während in Reinsaat zwischen den beiden Erbsen mit Kornerträgen von knapp 20 dt ha⁻¹ keine Unterschiede festgestellt wurden, lag der Ertrag bei Lisa in beiden Gemengen mit etwa 12 dt ha⁻¹ signifikant höher als bei Santana mit etwa 4 dt ha⁻¹ (Abb. 1). Dieser Unterschied spiegelt sich in den RYT und dem ME, der bei Lisa positiv und bei Santana in Übereinstimmung zu Hauggaard-Nielsen et al. (2009) negativ ausfiel (Tab. 1). Allerdings ist laut Fuchs und Fuchs (2006) das Ertragspotenzial bei Santana deutlich höher als bei Lisa einzuschätzen. Auch fiel in Reinsaat im Vergleich zu den Landessortenversuchen am gleichen Standort (Anonym 2004) der Kornertrag von Santana wahrscheinlich aufgrund einer – trotz Beikrautbekämpfungsmaßnahmen – starken Verunkrautung geringer aus. Bei Lisa wurde der Beikrautdeckungsgrad zum Drusch deutlich geringer als bei Santana

* Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischer Landbau und Bodenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising

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

*** Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen

bestimmt (Tab. 1). In Übereinstimmung zu Poggio (2005) konnten der Beikrautdeckungsgrad als auch die Lageranfälligkeit beider Genotypen durch den Gemengeanbau mit Getreide reduziert werden. Dabei fiel die Standfestigkeit bei Lisa generell geringer als bei Santana aus (Tab. 1).

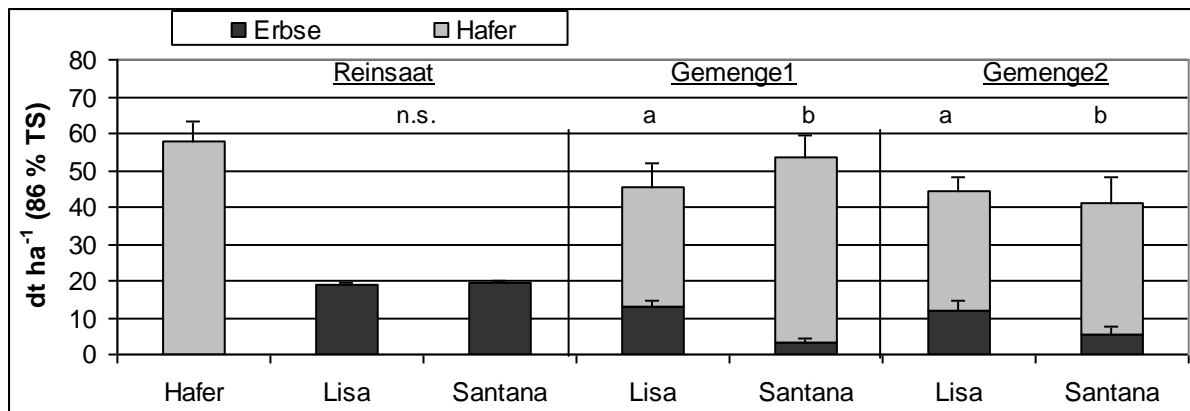


Abb. 1: Kornertrag in 2004 in Abhängigkeit des Genotyps und der Anbauform; unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede bez. des Erbsenkornertrages ($p < 0,05$, Tukey-Test), Fehlerbalken = Standardabweichung

Aus den Untersuchungen kann eine höhere Konkurrenzfähigkeit des Grünfuttertyps gegenüber dem Körnertyp abgeleitet werden. Ob hieraus eine größere Anbauwürdigkeit dieses Typs unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus resultiert, sollte in weiteren Untersuchungen auch in erbsenbetonten Gemengen überprüft werden.

Tab. 1: Beikrautdeckungsgrad, Lagerneigung, RYT und ME in 2004 in Abhängigkeit des Genotyps und der Anbauform

	Beikrautdeckungsgrad (%)			Lagerneigung (Boniturnoten)			RYT		ME	
	Reinsaat	Gem1	Gem2	Reinsaat	Gem1	Gem2	Gem1	Gem2	Gem1	Gem2
Lisa	31,7 A a	17,1 A a	22,9 A a	6,7 B b	4,0 B a	4,0 B a	1,4 *	1,4 *	8,5	4,7
Sant.	74,6 B b	11,0 A a	25,8 A a	5,0 A b	1,3 A a	1,3 A a	1,1	1,1	-2,5	-3,0
Hafer	13,8			1,0						

unterschiedliche große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. der Genotypen bzw. der Anbauform ($p < 0,05$, Tukey-Test mit Winkeltransformation), * = $p < 0,05$ (Tukey-Test)

Danksagung

Dieses Projekt wurde mit Mitteln aus dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanziell unterstützt.

Literatur

- Anonym 2004: Landessortenversuche 2004 – Hessen. Sortenprüfung Körnererbsen – integriert/ökologisch. Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (Hrsg.) URL: www.versuchsberichte.de, Stand: 15.4.2010.
- Aufhammer W. 1999: Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Hauggaard-Nielsen H., M. Gooding, P. Ambus, G. Corre-Hellou, Y. Crozat, C. Dahlmann, A. Dibet, P. von Fragstein, A. Pristeri, M. Monti, E.S. Jense 2009: Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N_2 -fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crop Res* 113: 64-71.
- Fuchs R., L. Fuchs 2006: Versuchsergebnisse aus Bayern 2005, Ökologischer Landbau, Sortenversuche zu Futtererbsen. Versuchsbericht der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz in Freising, URL: www.versuchsberichte.de, Stand: 15.4.2010.
- Poggio S.L. 2005: Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agric Ecosyst Environ* 109: 48-58.

Anbau von Wintererbsen in Rein- und Mischsaat mit Raps und Triticale bei kurzfristig variiertem Intensität der Bodenbearbeitung

Annkathrin Gronle und Herwart Böhm

Einleitung

Der Anbau von Wintererbsen könnte auf Standorten, auf denen die termingerechte Aussaat von Sommererbsen aufgrund von schwierigen Bodenbedingungen problematisch ist, eine Alternative darstellen. Ein Anbau von normalblättrigen Wintererbsen-Sorten mit Mischungspartnern soll die Standfestigkeit und die Beerntbarkeit der Wintererbsen verbessern, die Unkrautunterdrückung fördern und zu einer besseren Ertragsleistung führen. Neben dem Anbausystem, wie etwa dem Mischfruchtanbau, beeinflusst insbesondere die Art und Intensität der Bodenbearbeitung das Pflanzenwachstum und folglich das Unkrautauftreten sowie die Ertragsleistung. Ziel des Versuches war es daher, den Mischfruchtanbau von Wintererbsen in unterschiedlich intensiven Bodenbearbeitungssystemen zu untersuchen.

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2008/09 wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb in Trenthorst (Parabraunerde, sandiger Lehm, 53 Bodenpunkte, 740 mm Jahresniederschlag, 8,7°C Jahresmitteltemperatur) ein Versuch zum Mischfruchtanbau von Wintererbsen (Sorte E.F.B. 33) mit Triticale oder Raps bei kurzfristig variiertem Intensität der Bodenbearbeitung in 4-facher Feldwiederholung im Split-Plot-Design angelegt. Als Kulturen (Kleinteilstücke) wurden neben einer Wintererbsen-Reinsaat (WE-RS: 80 Körner m⁻²) und einer Raps-Reinsaat (RA-RS: Sorte Visby, 80 Körner m⁻²) eine Wintererbsen-Triticale-Mischsaat (WE-TR-MS: 40 Körner m⁻² E.F.B. 33 + 150 Körner m⁻² Triticale, Sorte Grenado) und drei Wintererbsen-Raps-Mischsaaten mit unterschiedlichen Aussaatstärkenverhältnissen (WE-RA-MS I: 60 Körner m⁻² E.F.B. 33 + 20 Körner m⁻² Raps; WE-RA-MS II: 40 Körner m⁻² E.F.B. 33 + 40 Körner m⁻² Raps; WE-RA-MS III: 20 Körner m⁻² E.F.B. 33 + 60 Körner m⁻² Raps) angebaut. Für den Versuchsfaktor Bodenbearbeitung (Großteilstücke) wurde eine konventionelle tief wendende Bearbeitung mit dem Pflug mit einer flach wendenden Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel verglichen. In der Variante mit Stoppelhobel-Bearbeitung wurde zunächst eine flache Bearbeitung auf 4 - 6 cm Tiefe durchgeführt. Nach 14 Tagen wurde dann in einem zweiten Arbeitsgang auf 8 - 12 cm Tiefe gearbeitet. Als Parameter wurden die Überwinterung, das Unkrautauftreten, die Standfestigkeit sowie die Ertragsleistung und die Ertragsanteile untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorte E.F.B. 33 wies in Reinsaat mit einer durchschnittlichen Auswinterungsrate von 13 % eine gute Winterstabilität auf. Die geringste Auswinterung der Wintererbse war dabei in der WE-RA-MS III (5 %) und der Mischsaat mit Triticale (6 %) zu verzeichnen. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass durch den hohen Anteil des Mischungspartners in diesen beiden Mischsaaten der Wintererbse ein gewisser Schutz vor Frostereignissen geboten wird.

In der Wintererbsen-Reinsaat und den Mischsaaten war insgesamt nur ein sehr geringes Unkrautaufkommen festzustellen, was in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen an normalblättrigen Wintererbsen steht (Urbatzka et al. 2008). Dies könnte auf eine gute Unkrautunterdrückung der normalblättrigen und langwüchsigen Sorte E.F.B. 33 hindeuten. Im Vergleich der Kulturen wurde in der Wintererbsen-Reinsaat und in den Wintererbsen-Raps-Mischsaaten jedoch ein deutlich höheres Unkrautaufkommen (35 bzw. 13 g m⁻² TM Unkraut zur Ernte) festgestellt als in der Mischsaat mit Triticale (2 g m⁻² TM Unkraut). Grund hierfür war vermutlich eine schnellere Pflanzenentwicklung der Triticale und eine dadurch stärkere Konkurrenz gegenüber Unkräutern. Weder die Deckungsgrad-Bonitur im Frühjahr noch Erhebungen der Unkrautmasse zur Blüte sowie zur Ernte der Wintererbse ergaben signifikante Unterschiede zwischen der flach und der tief wendenden Bodenbearbeitung. Dies kann vermutlich darauf zurückgeführt werden, dass das Unkrautaufkommen insgesamt nur sehr gering war und die Bodenbearbeitung im Herbst 2008 erstmals nach langjähriger Pflug-Bearbeitung variiert wurde.

Die Standfestigkeit der normalblättrigen Wintererbse E.F.B. 33 in Reinsaat war sehr gering. Durch die Stützfruchtwirkung der Mischungspartner Raps und Triticale konnte jedoch eine bessere Standfestigkeit und Beerntbarkeit in den Mischsaaten erzielt werden.

Die Kornerträge der Wintererbse in Reinsaat lagen bei 17 dt ha⁻¹ TM. Der Anbau mit den Mischungspartnern Raps und Triticale führte zu höheren Wintererbsen-Erträgen im Vergleich zur Reinsaat, wobei in der WE-RA-MS III und in der Mischsaat mit Triticale (WE-TR-MS) mit 32 dt ha⁻¹ TM die höchste Ertragsleistung der Wintererbse erzielt wurde (Abb.1). Der höchste Gesamtertrag wurde in der Mischsaat mit Triticale erreicht. Die durch den Mischfruchtanbau erreichte höhere Ertragsleistung der Wintererbse ist vermutlich vor allem auf die Stützfruchtwirkung der Mischungspartner zurückzuführen. Zwischen den beiden Bodenbearbeitungsvarianten konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ertragsleistung festgestellt werden. Nach einjährigem Anbau hat sich

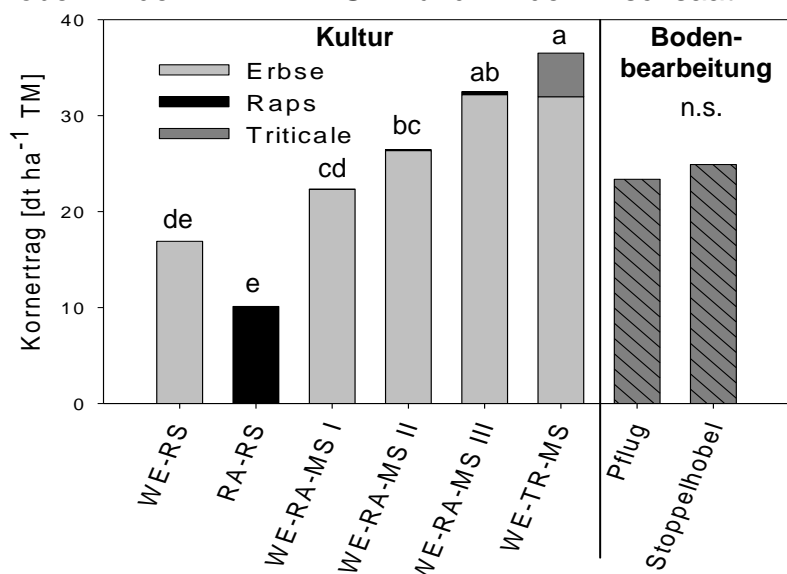


Abb. 1: Kornerträge und Ertragsanteile in Abhängigkeit der Hauptfaktoren Kultur und Bodenbearbeitung. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede für den Gesamtertrag (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$, n.s. = nicht signifikant).

der Anbau von Wintererbsen unter norddeutschen Anbaubedingungen im Mischfruchtanbau als anbauwürdig gezeigt, wobei zwischen den beiden Bodenbearbeitungsvarianten keine deutlichen Unterschiede zu erkennen waren.

Literatur

Urbatzka P., R. Graß, C. Schüle 2008: Vergleichender Anbau verschiedener Wintererbsen-herkünfte in Rein- und Gemengesaat zur Integration in das Anbausystem Ökologischer Landbau. <http://orgprints.org/15527>.

Evaluation of lentil-based mixed cropping systems with different companion crops and plant densities in organic farming

L. Wang, S. Gruber and W. Claupein

Introduction

Lentils (*Lens culinaris*), a legume crop, is grown mainly for human consumption with high nutritional value on a global scale in semiarid areas (Muehlbauer et al. 1995). It has potential benefits in crop rotations and intercropping systems for supply of biological nitrogen fixation. Recent studies suggest that lentil-cereal intercropping has greater land equivalent ratio and monetary advantage than those of sole cropping (Ciftci and Ulker 2005). As the study on lentils was neglected in Germany in the past for several decades, lentils have almost vanished from German cropping systems since the middle of the 20th century. Recently, more and more people begin to realize the importance of lentil and start to re-introduce the crop into German organic farming. Lentils have a weak stalk and tend to lodge without a companion crop, and they are not very competitive with weeds which are big problems especially in organic farming. Aim of this study is to design and improve lentil mixed cropping systems under conditions of organic farming in terms of productivity and competitiveness. A field experiment should give information about suitable species intercropped with lentils and about the optimum ratio of lentils and companion crops.

Material and Methods

A field experiment was carried out at the organic research station Kleinhohenheim (48.7°N, 9.2°E, 700 mm, 8.8 °C) of the University of Hohenheim, South-West Germany in 2009. Lentil (*Lens culinaris*, cv. Anicia; green marbled lentil) was mixed cropped with five different companion crops: spring naked-barley (*Hordeum vulgare*, cv. Hora), spring wheat (*Triticum aestivum*, cv. Triso), oat (*Avena sativa*, cv. Dominik), linseed (*Linum usitatissimum*, cv. Scorpion) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*, cv. Spacinska). Monoculture lentil, monoculture companion crops and three combinations of lentil-companion crops mixed cropping (3:1; 1:1 and 1:3) were included in the study. The experiment was a Greek-Latin Square design with three replications, in a total number of 75 plots. Individual plots consisted of 16 rows spaced 15 cm apart, with a length of 4.2 m. The target seeding rate of lentil monocropping, companion crops monocropping and mixed cropping was all the same, i.e. 240 seeds m⁻². Crops were sown using a plot drill at a uniform sowing depth of 3 cm on 23 April and total plants harvested on 18-21 August by hand. Grain yield, above ground biomass, weed biomass and crop lodging were recorded.

Results and Discussion

Lentil yield differed according to the companion crop and mixing ratio from 0.72 t ha⁻¹ to 2.14 t ha⁻¹ (Table 1). The highest yield of lentil was obtained in lentil sole cropping and the lowest yield in combination of lentil-oat cropping system. On the whole, lentil attained a higher grain yield in the LBw cropping than others independently from the mixing ratio. The relative lentil yield in LB, LW and LO cropping systems in a ratio of 3:1 were all lower than their sowing ratio (75 %), which indicates that lentil was less competitive with gramineous crops probably due to the tillering ability of the cereals.

Almost all mixed cropping systems obtained a total LER greater than 1.0 except for LL_{3:1} which demonstrated the obvious yield advantage of lentil mixed cropping compared with corresponding monoculture. The maximum LER was recorded in LW cropping with a mixing ratio 3:1 (1.44), followed by LB (1.43) and LBw (1.25).

Due to the hand-harvesting with uprooting the total plant, the yield is much higher than in practical farming (W. Mammel, personal communication). The more recommendable companion crops and plant density are wheat and barley with a mixing ratio of 3:1 towards crop productivity and land use efficiency. The data from the second experimental year will give further information.

Table 1: Grain yield, harvest index (HI) and total land equivalent ratio (LER) in lentil + barley (LB), lentil + wheat (LW), lentil + oat (LO), lentil + linseed (LLs), and lentil + buckwheat (LBw) cropping systems under different mixing ratios (L: CC).

Cropping system	Grain yield (DM, t ha ⁻¹)		HI		LER
	L ¹	CC	L	CC	
<i>LB cropping</i>					
Pure L	2.06 a ²	-	0.41 b	-	1.00
LB _{3:1}	1.40 b	1.66 b	0.46 ab	0.41 a	1.43
LB _{1:1}	1.02 c	1.76 b	0.45 ab	0.42 a	1.28
LB _{1:3}	0.78 d	1.87 b	0.54 a	0.45 a	1.22
Pure B	-	2.24 a	-	0.42 a	1.00
<i>LW cropping</i>					
Pure L	1.89 a	-	0.39 b	-	1.00
LW _{3:1}	1.35 b	2.79 b	0.39 b	0.46 a	1.44
LW _{1:1}	1.09 b	2.82 b	0.41 b	0.46 a	1.32
LW _{1:3}	0.84 c	3.46 b	0.53 a	0.51 a	1.35
Pure W	-	3.87 a	-	0.47 a	1.00
<i>LO cropping</i>					
Pure L	2.10 a	-	0.41 ab	-	1.00
LO _{3:1}	1.44 b	1.72 d	0.41 b	0.34 c	1.09
LO _{1:1}	1.03 c	2.72 c	0.43 ab	0.42 b	1.14
LO _{1:3}	0.72 d	3.77 b	0.51 a	0.47 ab	1.24
Pure O	-	4.23 a	-	0.49 a	1.00
<i>LLs cropping</i>					
Pure L	2.07 a	-	0.40 a	-	1.00
LLs _{3:1}	1.57 a	0.47 d	0.41 a	0.28 c	0.98
LLs _{1:1}	1.34 b	0.96 c	0.42 a	0.35 bc	1.11
LLs _{1:3}	0.88 c	1.38 b	0.39 a	0.38 ab	1.09
Pure Ls	-	2.11 a	-	0.44 a	1.00
<i>LBw cropping</i>					
Pure L	2.14 a	-	0.37 b	-	1.00
LBw _{3:1}	1.84 a	0.94 c	0.41 b	0.44 a	1.25
LBw _{1:1}	1.67 a	1.10 c	0.44 ab	0.40 a	1.24
LBw _{1:3}	1.03 b	1.85 b	0.55 a	0.47 a	1.26
Pure Bw	-	2.39 a	-	0.45 a	1.00

¹ L = lentil; B = barley; W = wheat; O = oat; Ls = linseed; Bw = buckwheat; CC = companion crop

² Means in a column in each cropping system with the same letters are not significantly different at P=0.05.

References

- Ciftci V., M. Ulker 2005: Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. *J. Agron.* 4(1): 1-4.
 Muehlbauer F.J. et al. 1995: Production and breeding of lentil. *Adv. Agron.* 54: 283-332

Performance of maize-sunflower intercrops in different environments

Hans-Peter Kaul^{*}, Thomas Amon^{**} and Adel Dabbagh Mohammadi Nassab^{***}

Introduction

During the last years, the acreage of maize increased in European agriculture because the crop is widely used as a biofuel resource for the production of biogas. Intensive mono-cropping of maize, however, is criticized due to the subsequent environmental threats, e. g. erosion, herbicide and nitrate emissions. Sunflower is another suitable biofuel source for biogas and intercrops of maize and sunflower might improve the biological yield formation as well as the environmental compatibility of biofuel production.

In intercrops higher yields than in mono-crops have been achieved when inter-specific competition was lower than intra-specific competition (Vandermeer 1990). The competition is strongly affected by environmental factors like water or nutrient availability. Several indices have been developed to assess the relative performance of intercrops, such as the Relative Yield Total (RYT).

Last year we introduced the results of dry matter production by intercrops of maize and sunflower planted as renewable resources for biogas production (Gimplinger et al. 2009). The objectives of the present study are (i) to evaluate the performance of maize-sunflower intercrops compared to mono-crops based on RYT estimates, (ii) to study the effects of different maize/sunflower relations in intercrops, and (iii) to estimate the effects of different environments, i. e. locations, years, nitrogen fertilizer rates, on the competitive situation.

Material and Methods

The study was carried on two locations during two years, either in the more humid area (Rohr, 48°N, 14°E; 2007, 2008) or in the semi-arid area (Raasdorf, 48°N, 17°E; 2008, 2009) of Austria. The soil at Rohr was a loamy clay, pH 6.9, 2.3 % C_{org}; at Raasdorf it was a loamy silt, pH 7.7, 1.5 % C_{org}. Average temperatures and sums of precipitation during the months of April to September were at Rohr 2007: 17,0 °C, 675 mm; Rohr 2008: 16,3 °C, 613 mm; Raasdorf 2008: 16,8 °C, 509 mm; Raasdorf 2009: 17,9 °C, 309 mm.

The experiments were in a randomized complete block design with four replicates. Besides the pure stands (maize cv. Angelo, sunflower cv. Fabiola CS), intercrops were composed of either 33% maize/67% sunflower, 50% maize/50% sunflower or 67% maize/33% sunflower by row intercropping. The nitrogen application rates were a control without fertilizer (N0) and 85 kg N ha⁻¹ as organic manure after planting plus 85 kg N ha⁻¹ as mineral fertilizer at BBCH ~16 (N1).

Results and Discussion

The analyses of variance showed that the competitive situation in maize-sunflower intercrops was mainly affected by the different environments, i. e. locations and years, in interaction with intercrop composition or N rate (cf. Fig. 1, 2).

* BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Institute of Agronomy and Plant Breeding, Gregor Mendel Str. 33, 1180 Vienna, Austria

** BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Division of Agricultural Engineering, Peter Jordan Str. 82, 1190 Vienna, Austria

***University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Dept. of Agronomy, 51664 Tabriz, Iran

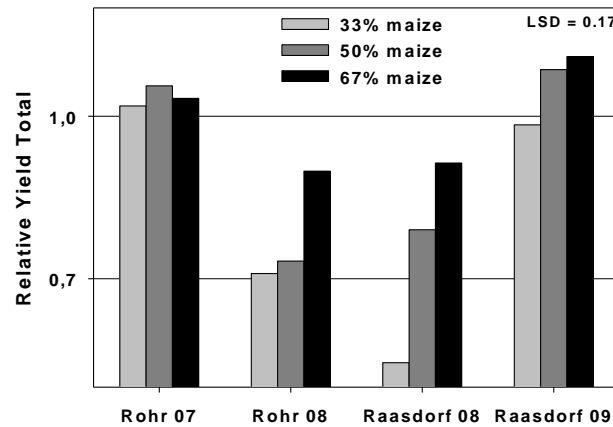


Fig. 1: Relative Yield Total as affected by environment and intercrop composition.

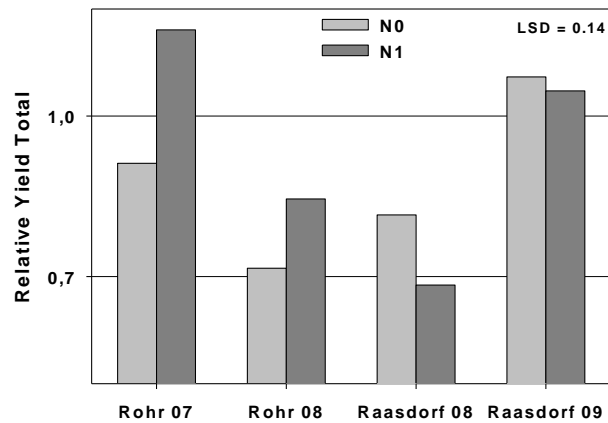


Fig. 2: Relative Yield Total as affected by environment and N rate.

On both locations we found in one year RYT values slightly above 1, while in 2008 on both locations the intercrops were substantially lower in relative yield than the mono-crops. The higher RYT results were associated with comparatively high temperatures of ≥ 17 °C.

In all environments except at Rohr 2007 values of RYT increased with increasing percentages of maize in the intercrops.

At Rohr the intercrop performance was improved by applying fertilizer N, while fertilizer N at Raasdorf impaired RYT (2008) or had no effect (2009).

In conclusion, intercropping maize and sunflower was superior to mono-crops in some years, but cannot be generally recommended. The maize component should be dominant (> 66%). At Rohr intercrops required a sufficient N supply. At Raasdorf intercrops performed better than mono-crops under limited rainfall conditions.

References

- Gimplinger D.M., D.F. Lyson, T. Rinnofner, C. Leonhartsberger, T. Amon, H.-P. Kaul 2009: Trockenmassebildung von Mais und Sonnenblumen im Gemenge für die Verwertung in Biogasanlagen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 21: 201-202.
- Vandermeer J.H. 1990: Intercropping. In: Agroecology, McGraw-Hill, New York, p. 481-516.

Interspecific interactions in strip intercropping of maize and Chinese cabbage

Sebastian Munz, Til Feike, Simone Graeff-Hönninger and Wilhelm Claupein

Introduction

Agricultural production in the North China Plain (NCP) increased rapidly since 1960, 80 % due to excessive use of nitrogen fertilizer and 20 % due to expanding of arable land (Zhen et al. 2006). This development led to severe degradation of land and water resources. In order to ensure food security of the growing population, highly productive and sustainable agricultural production systems must be developed. Strip intercropping, the simultaneous cultivation of two or more crops in strips, wide enough for the use of machinery and narrow enough for agronomical interaction between the crops, is assumed to be an appropriate system for the NCP. Chinese cabbage and maize are both locally important crops.

Materials and Methods

To investigate the influence of different climates on microclimate and plant development a strip intercropping system of maize (*Zea mays* L.) and Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) was conducted at Hohenheim University's research station "Ihinger Hof" in 2009. The two crops were planted in strips with four replications in a sequence. Maize was planted in strips of 8x30 m² (inter-row distance of 75 cm) and Chinese cabbage in strips of 10x30 m² (inter-row distance 50 cm and interplant distance of 50 cm). Three sets of Chinese cabbage were planted from spring to autumn 2009. Microclimate parameters were recorded continuously in 15 cm intervals (photosynthetically active radiation (PAR), wind speed, soil moisture and soil temperature) and mineral nitrogen content in the soil (N_{min}), dry matter and total plant-N was measured at each harvest in certain distance from the neighboring crop.

Results and Discussion

The boarder row of spring Chinese cabbage (SCC) adjacent to maize had a higher total dry matter than the inner rows of the Chinese cabbage strips. A significant higher nitrogen uptake in the boarder row of SCC indicates that below-ground interactions most probably played the dominant role between maize and SCC. Lower N_{min}-content in 0-30 cm in the boarder row of maize suggests an additional nitrogen uptake of the Chinese cabbage in the boarder row from the maize boarder row (Fig. 1). Higher soil moisture and soil temperature in the boarder rows of SCC and at the same time lower values of both parameters in the boarder rows of maize may suggest a difference of the soil mineralization to be the reason for the higher total N-content of SCC and lower N_{min}-content of maize in the boarder rows.

The boarder rows of spring maize had a significantly higher yield than the inner rows of the maize strips. A highly significant correlation between incoming PAR and maize yield indicates that an increased incoming PAR in the boarder rows could be the dominant competition factor (Fig. 2). The increased yield in the boarder rows was mainly due to a larger number of cobs per plant.

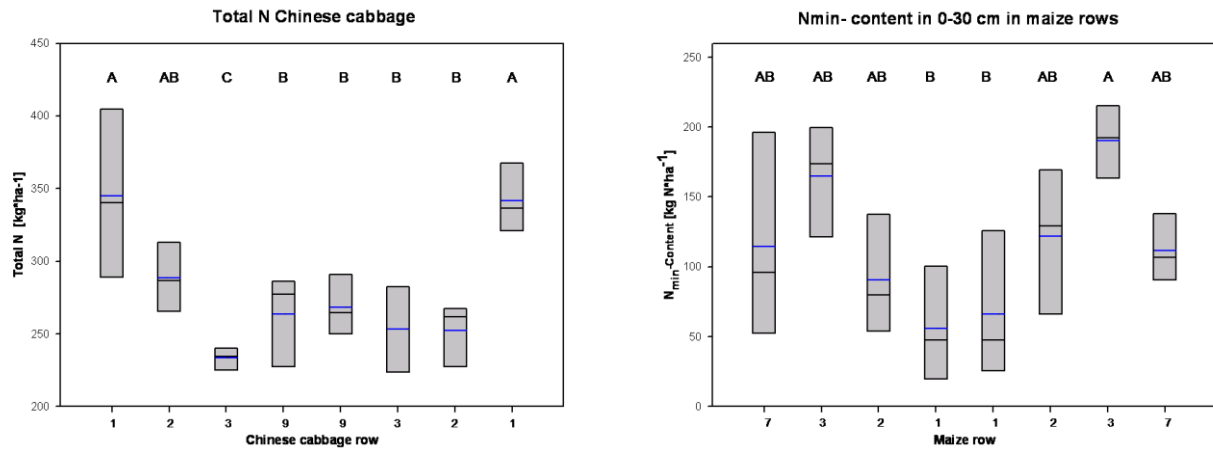


Fig. 1: Total N [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$] of spring Chinese cabbage (CC) plants in row one (boarder row next to maize), two, three and nine on the east and west side of the CC strips (left) and mineral nitrogen content [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$] in 0-30 cm depth in the maize row one (boarder row next to CC), two, three and seven on eastern and western side of maize strips at harvest of spring CC (right)

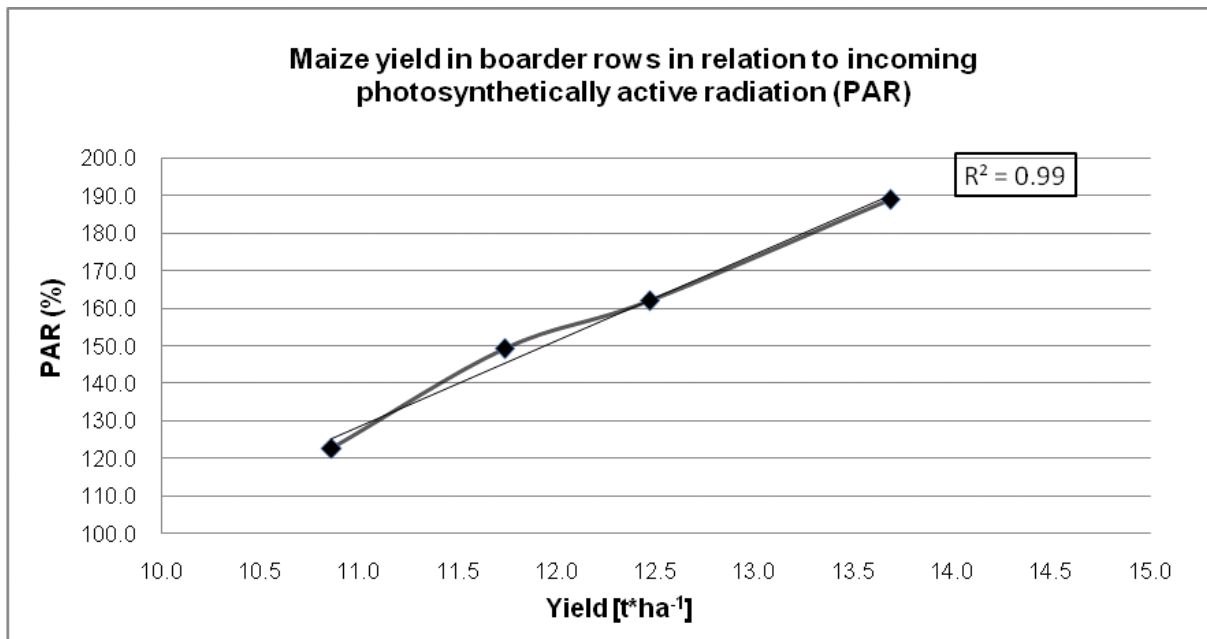


Fig. 2: Maize yield [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] in the 1st and 2nd boarder row on the east and west side of the maize strips in relation to percentage of incoming PAR compared to incoming PAR in the middle rows of the maize strips.

Outlook

In 2010 experiments are conducted in China and Germany to focus more in detail on the interspecific interactions between the two crops and gain more insight for future modeling approaches. In China root distribution between the boarder rows of maize and Chinese cabbage will be measured at harvest of crops. In Germany solid root barriers will be used to separate above-ground from below-ground interactions.

References

Zhen L., Zoebisch M.A., Chen G., Feng Z. 2006: Sustainability of farmers' soil fertility management practices: A case study in the North China Plain. *Journal of Environmental Management* 79: 409–419.

Testing different irrigation strategies in Chinese cabbage/maize intercropping

Feike T. *, A. Müller*, Q. Chen**, J. Pfenning*, S. Graeff-Hönninger* and W. Claupein*

Introduction

Declining water resources are the major threat for food security in China (Dazhong et al., 1992). To feed the ever growing population crop production systems have to be developed that maintain high yield levels, while saving environmental resources. Intercropping is a traditional system in China, which has a strong potential to be resource efficient. To enable mechanized soil cultivation, sowing and harvesting, a transformation of the traditional row systems to strip intercropping systems is needed. To optimize such systems with regard to efficient resource capture, a tolerable degree of competition has to be managed between the two companion crops. In this context the optimal spacing and hence strip width is decisive.

Materials and Methods

In 2008 and 2009 a strip intercropping experiment with Chinese cabbage and maize was conducted at Quzhou experimental station in Hebei province. The combination of maize, a tall erectophile monocot and Chinese cabbage, a small planophile dicot ensured strong effects regarding resource capture. Additionally both crops are of high economic importance in China. Two sets of Chinese cabbage – one in spring and one in autumn – were cultivated next to a strip of spring maize. The strips were arranged in North-South orientation. Experiment layout was a completely randomised block design. To test the influence of reduced irrigation two treatments, “farmers’ practice” and “farmers’ practice -20 %” (in 2009 “FP -30 %”) were applied. Crop growth and development was measured in 2-3 weeks intervals over the entire growing season. Plant samples were taken for every single row of maize and Chinese cabbage. The rows of both crops were numbered consecutively, starting with “row 1”, being the row next to the neighbouring crop.

Results and Discussion

The results showed that reduced irrigation has no significant impact on yield of maize and autumn Chinese cabbage (Fig. 1 und Fig. 3). However, yield of spring Chinese cabbage was reduced significantly (Fig. 2). The adjacent rows of maize and Chinese cabbage, which were exposed to an intercropping situation, did not cope better with reduced irrigation compared to the plants under monocropping (row 4 to row 8). In spring Chinese cabbage yields of row 1 (and row 2) had even a much stronger yield reduction under reduced irrigation than the monocropped plants. Thus the water saving character of intercropping could not be confirmed for the Chinese cabbage/maize combination. However, over both irrigation strategies the intercropped maize (row 1 to row 3) produced a significantly higher yield. This is mainly attributed to the increased interception of solar radiation, which is a result of reduced intra-species competition for light. At the same time the autumn Chinese cabbage rows close to maize suffered from shading by maize and produced less yield. In the ongoing field experiments we focus on microclimate parameters and

* Universität Hohenheim, Department of Crop Science, 70599 Stuttgart

** China Agricultural University, College of Agricultural Resources and Environmental Sciences, 10094 Beijing, China

below ground interaction, to further quantify resource competition and be able to clearly determine and explain plant response.

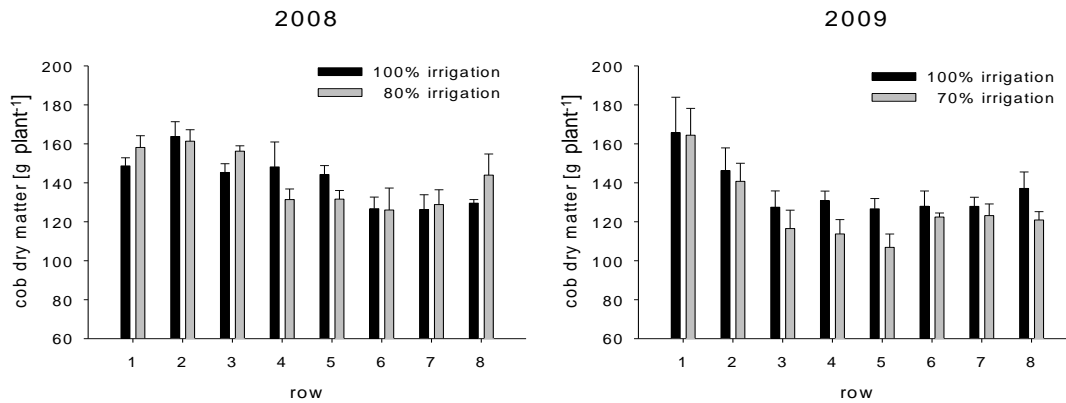


Fig. 1: Cob dry matter of maize at final harvest in the different rows and irrigation strategies. Row 1 is next to Chinese cabbage. Error bars represent the standard error of means

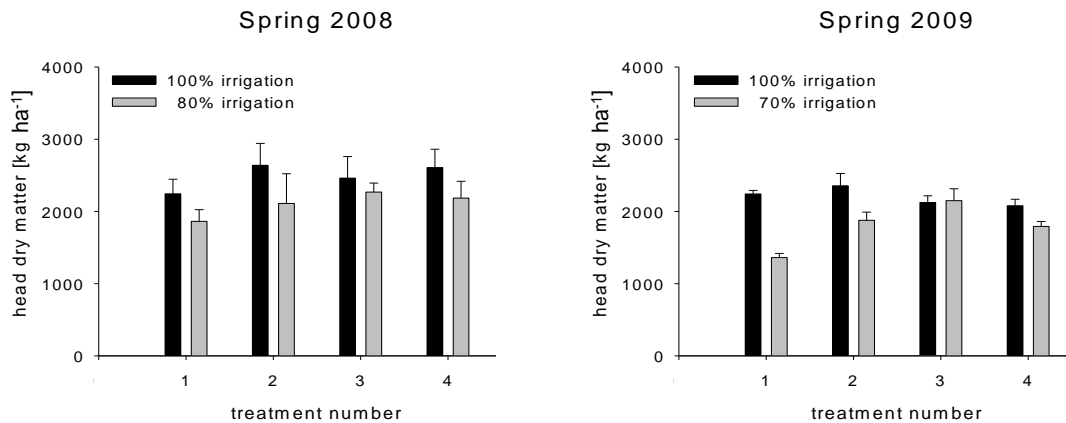


Fig. 2: Head dry matter of spring Chinese cabbage at final harvest in the different rows and irrigation strategies. Treatment number (row) 1 is next to maize. Treatment number 4 represents all plants of row 4 to row 8. Error bars represent the standard error of means

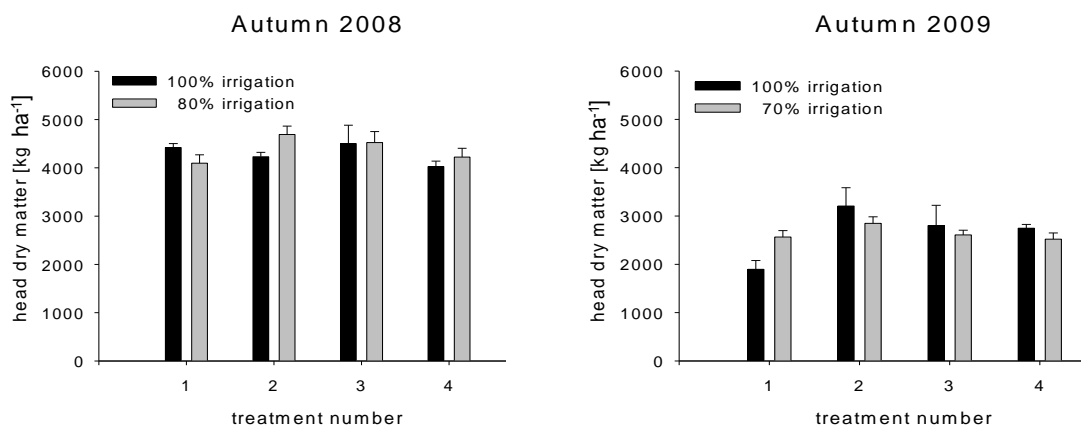


Fig. 3: Head dry matter of autumn Chinese cabbage at final harvest in the different rows and irrigation strategies. Treatment number (row) 1 is next to maize. Treatment number 4 represents all plants of row 4 to row 8. Error bars represent the standard error of means

We want to thank the German Research Foundation (DFG, GRK 1070) and the Ministry of Education of P.R. China for their financial support.

References

Dazhong W., Yingxin T., Xunhua Z., H. Yungzhen 1992: Sustainable and productive agricultural development in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39: 55-70.

Non-destructive determination of leaf area in Chinese cabbage

T. Feike, K. Nerlich, J. Pfenning, S. Graeff-Hönninger and W. Claupein

Introduction

Chinese cabbage is the most important vegetable in terms of production amount in China. Due to its versatile usages, vigorous growth and good storability it is nowadays cultivated all over the temperate zones of the world. To improve Chinese cabbage production systems with regard to adapted irrigation and fertilization strategies the use of plant growth models offer great opportunities. Therefore the determination of all plant growth parameters of Chinese cabbage is crucial.

The development of leaf area determines the ability of plants to intercept and utilize solar radiation. It also strongly influences water, gas and energy exchange (de Jesus et al. 2001). In plant growth analysis, leaf area is a key parameter to be identified. For canopies in field crops a wide range of methods for the determination of leaf area were developed. However, to determine leaf area in Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) the existing methods are not satisfying. Destructive methods impede the observation of leaf area growth over time at the same plant. Handheld devices that determine leaf area by measuring incoming radiation above and below canopy and assume a linear relationship between light extinction and leaf area can only be employed in homogeneous canopies. Such devices are not applicable in the heterogeneous canopy structure of leafy vegetables. In the current study we therefore developed a method that enables the non-destructive determination of leaf area in Chinese cabbage.

Materials and Methods

The approach we followed has already been successfully employed for the non-destructive determination of leaf area in other field crops and vegetables like maize (Elings 2000), sunflower (Schneider 1978), common bean (de Jesus et al. 2001) and tomato (Schwarz und Kläring 2001). It makes use of the linear relationship of leaf length and width and leaf area. For the current study three cultivars of Chinese cabbage were grown in greenhouses at the horticultural research station of Universität Hohenheim in spring 2008. The substrate was a sand-cocopeat mixture (32-68 %) of three meters depth. Plants were fertigated regularly ensuring non-limiting growth conditions. Three different temperature treatments were applied to cover a wide range of environmental conditions. Leaf parameters were determined in seven to 14 days intervals over the entire growing season. Actual leaf area was determined destructively using the LI-3100 Area Meter (LI-COR, Lincoln, Nebraska). Plants were sampled five times during the experiment, analyzing 15 plants per each cultivar and temperature treatment combination. For each plant the biggest and the oldest (most outer) leaf were measured. From the beginning of head formation the biggest and the twelfth leaf of every plant were chosen, as the oldest leaf was often partially senesced at that time. Leaf length was determined between the base of the petiole and the leaf tip, and leaf width at the widest part of the leaf using a simple ruler. Statistical analyzes was conducted employing simple and multiple linear regression in SPSS 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois USA), determining the correlation of the dependent variable leaf area (LA) and the independent variables leaf length (L) and leaf width (W). For comparison of simulated and observed leaf area t-test was used ($\alpha = 0.05$).

Results and Discussion

Leaf area was determined starting end of April (5-6 leaf stage) until middle of July (final harvest). Leaf area values ranged from 4.92 to 1074.38 cm², leaf length from 4.90 to 61.20 cm and leaf width from 1.90 to 35.40 cm. Applying simple and multiple regression analysis, six models have been developed (Table 1). Both, variation among cultivars and changes over plant age influence the accuracy of the different models. Multiple regression analysis of model 6 generated the best prediction of leaf area.

Table 1: Simple linear (1-4) and multiple linear (5+6) regression models for leaf area estimation. a, b and c are coefficients. R² is the coefficient of correlation.

	Model	A	B	C	R ²
1	LA = a L + b L ²	1.143	0.289		0.956
2	LA = a W + b W ²	3.558	0.934		0.985
3	LA = a LW	0.609			0.992
4	LA = a LW + b (LW) ²	0.614	-5.2 * 10 ⁻⁶		0.992
5	LA = a LW + b L/W	0.613	-1.613		0.993
6	LA = a L + b W + c LW	-3.412	7.567	0.578	0.994

With a coefficient of determination of 0.994 and a deviation of 1.36 % of measured to calculated data, it created a very good fit over all cultivars and the entire growth cycle (Fig. 1). The main advantages of the developed method are that it can be employed to measure leaf area expansion over time in a non-destructive way. By being cheap but labor-intensive it perfectly fits the needs of developing countries' field research conditions.

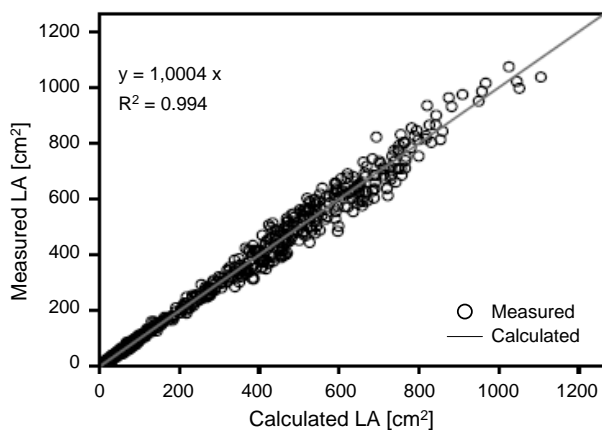


Fig. 1: Observed vs. calculated leaf area using the multiple linear regression of model 6. Data points present data over all cultivars and the entire growing season.

We want to thank the German Research Foundation (DFG, GRK 1070) and the Ministry of Education of the People's Republic of China for their financial support.

References

- De Jesus Jr. W.C., do Vale F.X.R., Coelho R.R., Costa L.C. 2001: Comparison of two methods for estimating leaf area index in common bean. *Agron. J.* 93: 989-991.
- Elings A. 2000: Estimation of leaf area in tropical maize. *Agron. J.* 92: 436-444.
- Schneiter A.A. 1978: Non-destructive leaf area estimation in sunflower. *Agron. J.* 70: 141-142.
- Schwarz D., Kläring H.-P. 2001: Allometry to estimate leaf area of tomato. *J. Plant Nutrition* 24(8): 1291-1309.

Effects of crop management on yield and winter hardiness of bolting winter beets cultivated for anaerobic digestion

Eric Reinsdorf and Heinz-Josef Koch

Introduction

Sugar beet is well suitable for utilization as an energy crop (Hoffmann et al. 2008). Planting of sugar beet (*Beta vulgaris*) in summer or autumn and overwintering the crop in the field (winter beet) may contribute to nearly perfect utilization of the site specific growth factors radiation and water, especially in early spring (Kluge-Severin and Hoffmann 2009). This may result in a high yielding crop which can (1) be harvested early in the growing season (Kluge-Severin and Hoffmann 2009) and (2) provide a substrate favourable for anaerobic digestion (Hoffmann et al. 2008). A basic prerequisite for such a winter beet cropping system is high winter hardiness (esp. frost tolerance) under German climatic conditions. Safe overwintering of sugar beet is closely related to the size of the taproot with an optimum beet diameter of about 2 cm for highest frost tolerance (Kockelmann and Meyer 2006). Since the size of the taproot can be influenced by crop management (date of sowing, plant density), it is supposed that the frost tolerance can be sufficiently increased by choosing an adequate sowing date and plant density and thus enabling secure overwintering in the field. Field trials were conducted to investigate the influence of crop management on biomass yield and winter hardiness of bolting sugar beets. This project is part of the joint program 'Bioenergie 2021' funded by the German Federal Ministry of Education and Research.

Material und Methods

Field trials in split plot design with 4 replicates at two different sites in Germany (Kiel, Schleswig-Holstein, maritime climate and Göttingen, Lower Saxony, continental climate) were conducted between April 2009 and June 2010. Each replicate consisted of three main plots of different sowing dates (April, June and August). Three plant densities in threefold replication (3 harvest dates) were randomly distributed on sub plot level. Plant densities (PD) were (in thousand plants ha⁻¹): 103, 148 and 246 for plants sown in April and June; 148, 246 and 370 for August-sown plants. There were two intermediate harvests (first in November, second in April) and a final harvest in June. Harvest area was 10.8 m² subplot⁻¹. Fresh and dry matter yield of leaves and beets (taproots) were determined as well as characteristics of taproots (crown height, maximum diameter). Temperature was measured during winter at both sites in June-sown plots with PD 246 thousand plants ha⁻¹. Measuring positions were above canopy and in the crown of the taproot. Statistical analysis was carried out using SAS, release 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Results and Discussion

Total dry matter yield in November was up to ~32 t ha⁻¹, showing the high yield potential of sugar beet for utilization as an energy crop. However, later sowing caused substantial reduction of total dry matter yield (up to ~80 % reduction in August) due to significant decline in beet dry matter yield (Fig. 1). While the total dry matter yield was almost not influenced by plant density, there were phenotypic differences (max. beet diameter, crown height, single beet weight) caused not only

by date of sowing but also by plant density (not shown). Later sowing as well as increasing plant densities resulted in less single beet weight and smaller beet diameter. At Göttingen, no phenotypic differences in frost tolerance could be observed. Overwintering completely failed due to bare frost decreasing beet crown temperature to -5°C in December 2009 (Fig. 2). At Kiel substantial plant losses occurred in March 2010 due to low temperatures combined with the lack of a protective snow cover (Fig. 2). Only the August-sown sugar beets with mean maximum beet diameter of up to 3.3 cm survived the winter. Survival rate increased (~ 70 to 85 %) with decreasing mean maximum beet diameter (3.3 to 2.5 cm). Sugar beet has a high yield potential which can be completely utilized only if the crop is sown early. Overwintering in the field is risky but doesn't seem to be impossible. The success of overwintering is highly dependent on the local weather conditions (min. temperature, snow cover) as well as morphological beet parameters (max. beet diameter). A solid snow cover positively influences the frost tolerance of sugar beets. August-sown sugar beets with less beet diameter seem to be more frost tolerant than sugar beets sown earlier (April, June).

Fig. 1: Influence of site, sowing date and plant density (in thousand plants ha^{-1}) on dry matter yield of sugar beet in November 2009 (solid bar) and April 2010 (dashed bar). Different letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ (Tukey test)

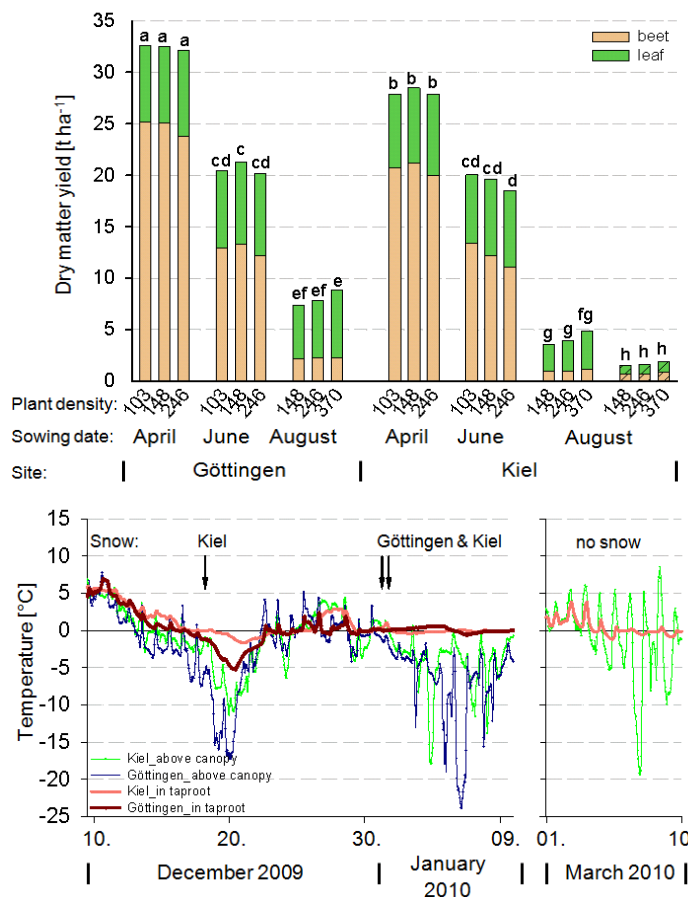
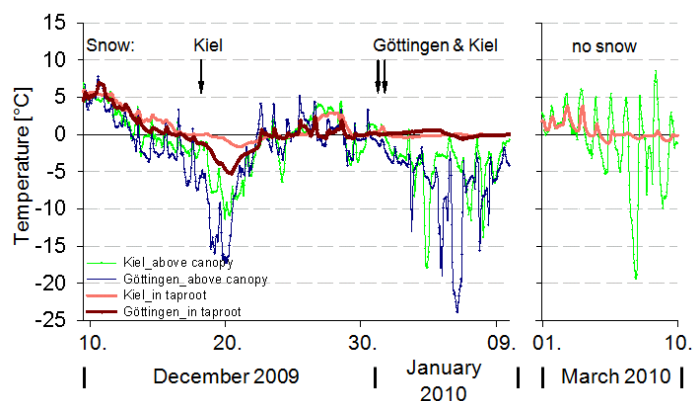


Fig. 2: Temperature above canopy and in the beet crown of June-sown sugar beets grown at Göttingen and Kiel. Plant density: 246 thousand plants ha^{-1}



References

- Hoffmann C., B. Märlander, J.-M. Greef, F. Höppner, L. Hüther 2008: Bioenergie aus Zuckerrüben – Schosser geben Gas! Zuckerrübe 57(6): 320-323.
- Kluge-Severin S., C. Hoffmann 2009: Bessere Lichtnutzung durch Winterrüben! Zuckerrübe 58 (2): 79-81.
- Kockelmann A., U. Meyer, Draycott A.P. (eds.) 2006: Sugar beet: Seed production and quality. Oxford, UK: Blackwell Publishing, p. 89-113.

Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Überwinterung von Winterkörnerleguminosen

Lars Rühlemann und Knut Schmidtke

Einleitung

Winterharte Sorten der Erbse und Ackerbohne sind seit einigen Jahren verfügbar, werden jedoch kaum angebaut. Einer der Gründe hierfür ist die vielfach zu geringe Überwinterung der Winterformen der Ackerbohne und Erbse. Die Grundbodenbearbeitung und die damit in Zusammenhang stehende Ausprägung der Mulchauflage lässt Einflüsse auf die Überwinterungsraten der Winterkörnerleguminosen erwarten. Höchste Mengen an Mulchauflagen verbleiben nach Direktsaat auf der Bodenoberfläche, so dass dieses Saatverfahren stärkste Kontraste im Vergleich zur Pflug- und Mulchsaat erwarten lässt. Deshalb wurde in nachstehend beschriebener Versuchsanstellung die Überwinterung der Wintererbse und Winterackerbohne in diesen drei Systemen der Bodenbearbeitung geprüft.

Material und Methoden

Im Winterhalbjahr 2009/2010 wurde an drei sächsischen Standorten (Köllitsch, Bockelwitz, Rheinhardtsgrima) untersucht, ob die Überwinterungsfähigkeit der Winterackerbohne und Wintererbse durch verschiedene Formen der Bodenbearbeitung beeinflusst wird. Nach einer Zwischenfrucht mit Sommerroggen (Aussaat August 2009) erfolgte im Oktober 2009 die Grundbodenbearbeitung mit Pflug oder Flügelschargrubber, gefolgt von einer Saatbettbereitung mit der Kreiselegge. Verglichen wurden diese Varianten der Bestandsetablierung mit einer Direktsaat (Direktsaat-Parzellendrillmaschine mit Cross-Slot-Säscharen), die direkt in die Zwischenfrucht Sommerroggen vorgenommen wurde. Geprüft wurde die Wintererbse (Sorte ‚Arkta‘) und die Winterackerbohne (Sorte ‚Hiverna‘), die in Reinsaat und im Gemenge mit 70 bzw. 50 keimfähigen Körnern/m² ausgesät wurden. Der Gemengepartner Winterweizen wurde den Winterleguminosen mit 60 keimfähigen Körnern/m² beigemischt. Zur Quantifizierung der Überwinterungsraten wurden pro Parzelle 100 aufgelaufene Pflanzen der Körnerleguminosen je Parzelle mit Stäben markiert. Diese Markierung war erforderlich, da in der Regel über Winter einige Leguminosen verspätet auflaufen, die das Ergebnis verfälschen würden. Im Frühjahr 2010 erfolgte dann die Zählung der überwinterten Pflanzen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Wintererbse zeigte in den Versuchen allgemein gute Überwinterungsraten mit im Mittel (Mittelwert der Parzellen in Reinsaat und Gemenge) am Standort Köllitsch 79 Prozent, Bockelwitz 85 Prozent und am Standort Reinhardtsgrima 87 Prozent. Signifikante Unterschiede in der Überwinterung zwischen Methoden der Etablierung der Bestände waren hier nicht feststellbar. Die Winterackerbohne hingegen zeigte an zwei von drei Standorten nach Direktsaat deutlich höhere Überwinterungsraten (Tabelle 1).

So überwinterten im Mittel (Mittelwert der Parzellen in Reinsaat und Gemenge) am Standort Köllitsch 54 Prozent der markierten Winterackerbohnen in den Parzellen mit Direktsaat, während es nach Mulchsaat 35 Prozent und in der Pflugsaatvariante nur 27 Prozent waren.

Tab. 1: Prozentuale Überwinterung der Winterkörnerleguminosen am Standort Bockelwitz

Bodenbearbeitung	Ackerbohne Gemenge	Ackerbohne Reinsaat	Erbse Gemenge	Erbse Reinsaat	Mittel Bodenbearbeitung
Direktsaat	84.7	86.6	90.8	89.9	88,0 a
Mulchsaat	22.3	18.0	78.1	76.3	63,1 b
Pflugsaat	33.8	43.0	84.0	91.6	48,7 c*
Mittel Bestand	46,9 b	49,2 b	84,3 a	85,9 a***	

Bodenbearbeitung: $P = 0,0002$; Bestand: $P < 0,0001$, Bodenbearbeitung \times Bestand: $P < 0,0001$, nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen (Tukey-Test)

Am Standort Bockelwitz zeigte sich der Unterschied noch deutlicher: In den Parzellen mit Direktsaat überwinteren im Mittel 86 Prozent der Pflanzen, in der Mulchsaatvariante nur 20 Prozent und in der Saat nach Pflugbearbeitung 38 Prozent (Tab. 1). Keinen Einfluss hatte die Anbauform der Winterackerbohne (Reinsaat versus Gemengebau). Bei Messungen im Herbst und Frühwinter zeigte sich, dass die Bodentemperaturen im Saathorizont in der Direktsaat um bis zu 1,5 °C höher lagen als in den Parzellen mit Pflugbearbeitung oder Mulchsaat. Dies kann unter anderem mit der stärkeren Mulchbedeckung des Bodens nach Direktsaat und dem damit verbundenen Schutz des Bodens vor Auskühlung zusammenhängen. Das Mulchmaterial hält offenbar einen Teil der Feuchtigkeit im Boden, wodurch der so bedeckte Boden eine höhere Wärmekapazität aufweist und Temperaturschwankungen der Luft im Vergleich zu einem trockenen Boden verzögert auf den Boden übertragen werden. Es zeigte sich, dass die Direktsaat der Winterackerbohne eine durchaus interessante Option darstellt, um die Überwinterung der Pflanzen zu erhöhen.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) finanziell gefördert.

Literatur

Baker C.J., Saxton K.E., Ritchie W.R., Chamen W.C.T., Reicosky D.C., Ribeiro M.F.S., Justice S.E., Hobbs P.R. 2007: No-tillage seeding in conservation agriculture. Baker C.J., K.E. Saxton (eds.) CAB International and FAO, Rom, 2nd ed., p. 1-326.

Einfluss des Befahrens von oberflächennah gefrorenen Böden auf die Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften

Jan Rücknagel, Sandra Rücknagel und Olaf Christen

Einleitung

Im zeitigen Frühjahr haben ackerbaulich genutzte Böden meist Wassergehalte nahe der Feldkapazität und sind damit beim Befahren besonders verdichtungsgefährdet (Rücknagel 2007). Um das Bodengefüge zu schützen, wird in der landwirtschaftlichen Praxis deshalb das Befahren oberflächennah gefrorener Böden empfohlen (Schütz 2009). Es liegen bisher jedoch keine Erkenntnisse darüber vor, wie mächtig die Frosteindringtiefe sein muss bzw. wie stark die Verdichtungswirkung unter den derzeitigen landtechnischen Bedingungen reduziert wird. Im Folgenden werden die Ergebnisse eines Anfang März 2010 zu dieser Fragestellung durchgeführten Feldversuches mitgeteilt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich auf der Finneerhebung am Nordostrand des Thüringer Beckens (Höhe 300 m ü. NN; mittl. Jahresniederschlag bzw. -temperatur 580 mm / 8,5 °C). Bodentyp ist eine Braunerde-Fahlerde mit der Bodenart mittel toniger Schluff im Ap-Horizont. Nach krumentiefer Bodenbearbeitung der Fläche im Herbst 2009 betrug die Eigenstabilität (mechanische Vorbelastung) zum Versuchszeitpunkt nur 12-25 kPa bei Wassergehalten von 90-96 % der Feldkapazität.

Als Versuchsgerät diente ein Traktor mit angebauter Drillkombination. Die Radlast der Hinterräder (Dimension 680/75 R 32) betrug 4,1 t bei einem Reifeninnendruck von 0,80 bar. Versuchsvarianten waren neben der unbefahrenen Kontrolle (1) das Befahren ohne Frost (2), bei 2-3 cm Frosteindringtiefe (3) und bei 5-7 cm Frosteindringtiefe (jeweils einfache Überfahrt). Jede Variante wurde viermal wiederholt. Die Variante ohne Frost wurde realisiert, indem die entsprechenden Parzellen am Abend vor dem Frostereignis (Tiefsttemperatur 7.00 Uhr: -5 °C) mit Fließ abgedeckt wurden. In der Variante mit einer Frosteindringtiefe von 2-3 cm wurde die Abdeckung bereits im Laufe der Nacht entfernt und die Frosteindringtiefe von 5-7 cm wurde im unbedeckten Zustand des Bodens erreicht. An Stechzylinderproben (250 cm³) aus den Tiefen 7-13 cm und 17-23 cm erfolgte in allen Varianten die Bestimmung der Trockenrohdichte, der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert). Weiterhin wurde die Fahrspurtiefe als Kriterium für die Ebenheit der Ackeroberfläche in den einzelnen Varianten ermittelt.

Die statistische Verrechnung der Daten erfolgte mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (F-Test) und anschließendem Mittelwertvergleich (Tukey-Test). Für die Fahrspurtiefen wurde zudem der Variabilitätskoeffizient s% berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Radspurtiefen und deren Variabilitätskoeffizienten betragen 3,2 cm bzw. 51 % (ohne Frost), 1,4 cm bzw. 49 % (Frosteindringtiefe 2-3 cm) und 1,1 cm bzw. 43 % (Frosteindringtiefe 5-7 cm). Dabei unterscheiden sich die beiden Frosteindringtiefen signifikant von der ungefrorenen Variante, jedoch nicht untereinander. Die Spurtiefe ist mit abnehmender Frosteindringtiefe und besonders

in der Variante ohne Frost zunehmend ungleichmäßig über die Spurbreite verteilt, weil die Radstollen das Spurbild prägen.

Tab. 1: Physikalische Parameter bei unterschiedlich tief gefrorener Bodenoberfläche; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen $p < 0,05$ zwischen den Varianten

Parameter	Versuchsvariante			
	unbefahren	ohne Frost	Frosttiefe 2-3 cm	Frosttiefe 5-7 cm
Tiefe 7-13 cm				
Trockenrohdichte (g/cm ³)	1,13 a	1,32 b	1,26 c	1,25 c
Luftkapazität (Vol.-%)	22,1 a	8,1 b	13,1 c	14,8 c
kf-Wert (cm/d)	322 a	4 b	36 c	91 ac
Tiefe 17-23 cm				
Trockenrohdichte (g/cm ³)	1,26 a	1,39 b	1,34 c	1,32 c
Luftkapazität (Vol.-%)	17,5 a	10,0 b	13,8 c	13,4 c
kf-Wert (cm/d)	143 a	11 b	104 a	63 a

Die Befahrung des nicht gefrorenen Bodens führt zu einer deutlichen Kompaktierung der gesamten Ackerkrume, die sich in der Zunahme der Trockenrohdichte und reziprok in der Abnahme der Luftkapazität und der gesättigten Wasserleitfähigkeit widerspiegelt (Tab. 1). Dabei werden in 7-13 cm Tiefe die Mindestanforderungen an ein intaktes Bodengefüge (≥ 8 Vol.-% Luftkapazität und ≥ 10 cm/d gesättigte Wasserleitfähigkeit, Lebert et al. 2004) zum Teil unterschritten. Die gefrorenen Varianten konnten die Druckbelastung der Überfahrt zwar deutlich puffern, aber Gefügeveränderungen nicht gänzlich verhindern. In beiden Tiefen bleiben die Mindestanforderungen an ein funktionsfähiges Bodengefüge jedoch sicher erhalten. Zwischen den Frosteindringtiefen können keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden. Eine Frosteindringtiefe von 2-3 cm reicht demnach bereits aus, um die Verdichtungsgefährdung auch bei sehr geringen Vorbelastungen und Radlasten von ≤ 4 t sowie entsprechend angepassten Reifeninnendrücker ($\leq 0,8$ bar) zu reduzieren. Diese Frosteindringtiefe gewährleistet zudem günstige Voraussetzungen für die oberflächennahe Bodenbearbeitung, z. B. beim Umbruch von Zwischenfrüchten. Größere Frosteindringtiefen erhöhen dagegen den Bearbeitungswiderstand und das Risiko einer zu groben Bodenoberfläche.

Literatur

- Lebert M., Brunotte J., Sommer C. 2004: Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. UBA-Texte 46-04.
- Rücknagel J. 2007: Entwicklung eines Modells zur Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung von Ackerstandorten. Tönning: Der Andere Verlag. Schriftenreihe der Pflanzenbauwissenschaften des Instituts für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Bd. 1.
- Schütz G. 2009: Mulchsaat mit Stroh oder Zwischenfrucht. DZZ 4: 14.

Wirkung von Mulchgrubber-Bearbeitungskombinationen auf acker-pflanzenbauliche Parameter und den Zugkraftbedarf

Peter Müller*, Olaf Christen*, Bodo Hofmann* und Marc Büchner**

Einleitung

Die Bodenbearbeitung ist eine wichtige Maßnahme zur Etablierung eines gesunden und ertragreichen Kulturpflanzenbestandes. Jedoch lässt sich ein Anwendungserfolg dieser Maßnahme mit einem bloßen Blick auf den bearbeiteten Ackerboden schwer feststellen. Die auf der Oberfläche hinterlassenen Charakteristika eines Bodenbearbeitungsgerätes können sich zum Teil deutlich von den gerätespezifischen Merkmalen im bearbeiteten Bodenhorizont unterscheiden. Aufgrund des Arbeitsumfanges wurden zu diesem Thema bisher wenige Untersuchungen durchgeführt. Als Ziele standen deshalb die Erarbeitung und Selektion von vergleichbaren und bewertenden Parametern, der Vergleich der Geräte mit Hilfe der ausgewählten Kriterien und die Bewertung der Ergebnisse im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Material und Methoden

Auf einem schwach tonigen Schluff-Standort (Ut2) in der Leipziger Tieflandsbucht wurde in Zusammenarbeit mit BBG Leipzig (Amazone) bei einer Bodenfeuchte von 7 M.-% der Feldversuch mit drei- bzw. vierbalkigen Bodenbearbeitungskombinationen durchgeführt. Für die Bonitur der Stroheinarbeitung wurde die von Voßhenrich et al. (2005) beschriebene Gitterrastermethode verwendet. Die Rauheit der Oberfläche vor und nach der Bearbeitung sowie der Bearbeitungssohle wurde nach dem von Bosse und Kalk (1987) erörterten Ablauf der Festpunktmethode vorgenommen. Gleiche Autoren charakterisierten auch die Aufnahme der Flächenanteile der unterschiedlichen Aggregatgrößenklassen auf der bearbeiteten Ackerbodenoberfläche. Mittels der ungestörten Entnahme von Boden in 100 cm³ großen Stechzylindern konnte durch die Bestimmung der Trockenrohichte ein Rückschluss auf die Rückverfestigung gezogen werden. Als Element zur indirekten Bestimmung des energetischen Aufwandes einer Bodenbearbeitung mit der jeweiligen Bodenbearbeitungskombination diente ein Zugkraftmessdreieck.

Ergebnisse und Diskussion

Stroheinmischung

Es wurden für die Einarbeitung der organischen Rückstände in den bearbeiteten Boden keine gravierenden Unterschiede bezüglich der Qualität als auch der mengenmäßigen Einmischung dieser festgestellt. Allerdings lassen sich durch die experimentell gewonnenen Ergebnisse Tendenzen beschreiben, die durch andere Untersuchungen gestützt werden. Es ist festzuhalten, dass gewölbte Leitbleche oberhalb der Schare und montiert an den Zinken das Stroh durch ihre Form besser mit dem an ihnen in gedrehter Bewegung aufsteigenden Boden vermengen konnten. Kennzeichnend hierfür waren die für das Gerät 3 ermittelten Ergebnisse. Dessen Twist-Schare sind durch die beschriebene Gestalt gekennzeichnet. Weiterhin unterschied sich Gerät 5 bei der Betrachtung der mengenmäßigen Bestimmung der eingearbeiteten organischen Strohaufgaben in die jeweiligen Tiefenschicht (Abb. 1). Das Stroh wurde während der Bearbeitung aufgrund des größeren Strichabstandes

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ÖL, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle (Saale)

**Agrarproduktion „Elsteraue“ GmbH & CoKG, Viehweg 2, 04442 Zwenkau

stärker von den Zinken zusammengezogen. Dadurch glitt dieses tiefer an den Grubberstielen in den bearbeiteten Boden hinein und wurde dort, konzentrierter als bei den anderen Bodenbearbeitungskombinationen, in den von ihnen geformten Bearbeitungsrinnen abgelegt. Auch wenn die Unterschiede nicht stark von den anderen abwichen, so konnte doch hierdurch ein schlechteres Bild der gleichmäßigen Verteilung der organischen Rückstände in den Oberboden nach der Bearbeitung konstatiert werden. Demnach wirkte sich ein größerer Strichabstand negativ auf diesen vor allem für die nachfolgende Aussaat wichtigen Parameter aus. Inwieweit sich jedoch ein geringerer Abstand zwischen den Zinken als 25 cm positiv auf die Gleichmäßigkeit der Verteilung der organischen Rückstände nach der Bearbeitung im Boden auswirkt, ist schwer abschätzbar. Im Experiment konnten keine visuellen als auch statistischen Anhaltspunkte gefunden werden, die solch eine Aussage bestätigen würden.

Rückverfestigung

Zum Teil eindeutige und gesicherte Unterschiede konnten für die Rückverfestigung durch die jeweiligen gerätespezifischen Trockenrohdichten berechnet werden. Aus der Abb. 2 geht eine höhere Rückverfestigung des Bodens durch die Bodenbearbeitungskombinationen 1, 2 und 4 hervor. Bedingt durch das schwerere Gewicht drücken diese das Boden-Stroh-Gemisch stärker an den unbearbeiteten Bodenhorizont an.

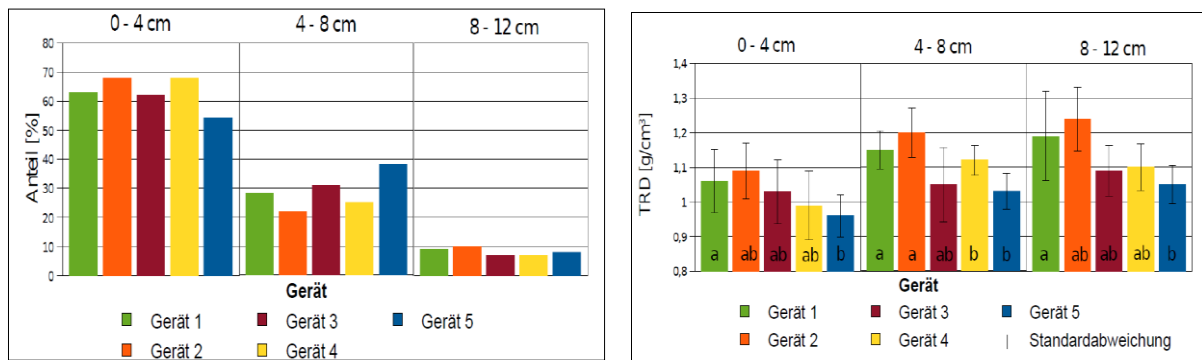


Abb. 1: Einmischtiefe der eingearbeiteten Rückstände **Abb. 2:** Rückverfestigung - Trockenrohdichte

Schlussfolgerungen

Die ausgewählten Methoden und Parameter ließen eine objektive Bewertung der Bodenbearbeitungskombinationen zu. Es wurde in den Untersuchungen darauf verzichtet, das jeweilige Mulchgrubber-System anhand einer Maßzahl zu verifizieren. Dem Anwender eines solchen Gerätes sollte es vielmehr möglich sein, sich das für sein Betriebskonzept passende Gerät anhand von beschreibenden Parametern auszusuchen. Weitere Untersuchungen, aus denen konzeptionelle Ideen zur Optimierung von Bodenbearbeitungsgeräten abgeleitet werden können, sollten folgen.

Literatur

- Bosse O., Kalk W.D. 1987: Methode zum Bewerten von Bodenbearbeitungsvarianten bei technischen und ackerbaulichen Untersuchungen. S. 27-31.
- Voßhenrich H.-H., Brunotte J., Ortmeier B. 2005: Gitterrastermethode mit Strohindex zur Bewertung der Stroheinarbeitung. Landtechnik 60(6): 328-329.

Teilflächenspezifische Bodenprobenentnahme anhand des Klassenzeichens der Bodenschätzung (Anwendungsbeispiel)

Stefan Hinck, Arnd Kielhorn, Anna Michel* und Hans-Werner Olf**

Einleitung

Für eine optimale Grunddüngung in der Pflanzenproduktion sind die Bodenvorräte an pflanzenverfügbarem Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) zu berücksichtigen und die applizierten Mengen entsprechend anzupassen. Idealerweise orientiert sich die Bodenprobenentnahme nach standörtlichen Bodenunterschieden, da z. B. die Haltefähigkeit des Bodens für Kalium und Magnesium stark von der Bodenart abhängig ist. Somit ist eine Unterteilung einer Ackerfläche zur Bodenbeprobung nach einem festen Raster ohne Berücksichtigung solcher Unterschiede nicht empfehlenswert. Sollten z. B. geoelektrische Messergebnisse nicht zur Verfügung stehen (Hinck et al. 2009), so weist das Klassenzeichen der Bodenschätzung die unterschiedlichen Bodenarten einer Fläche zur Orientierung aus.

Material und Methoden

Die untersuchte Fläche „Kirsch Nord“ (15 ha) befindet sich in der Uckermark in der Nähe von Templin. Das Ausgangsmaterial dieser Fläche ist Geschiebematerial (diluviale Entstehung / Zustandsstufe 3 bzw. 4) mit den Bodenarten Sand bis Lehm. Die Bewirtschaftung der Fläche erfolgt zurzeit einheitlich. Die Aufteilung der Fläche zur Bodenbeprobung erfolgt betriebsüblich bisher in zwei Teilflächen (Abb. 1).

Die Auswahl der Teilfläche für eine teilflächenspezifisch angepasste Beprobung geschieht nach der Bodenart anhand der Bodenschätzung (Abb. 2).

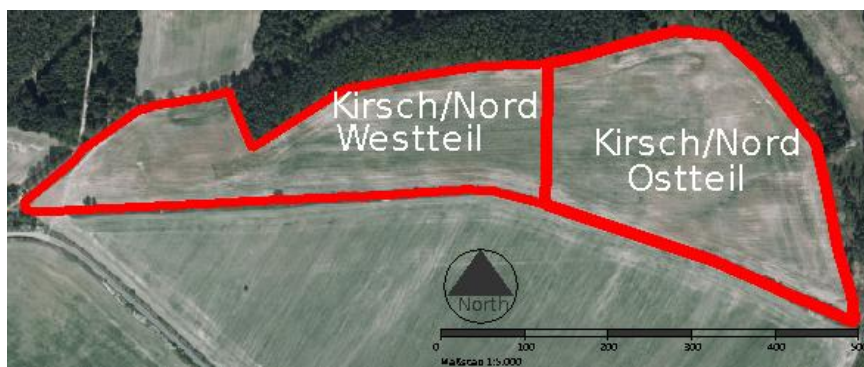


Abb. 1: Darstellung der Fläche „Kirsch/ Nord“ mit der betriebsüblichen Flächenaufteilung zur Bodenbeprobung

(Luftbild-Quelle: ©GeoBasis-DE/LGB 20)

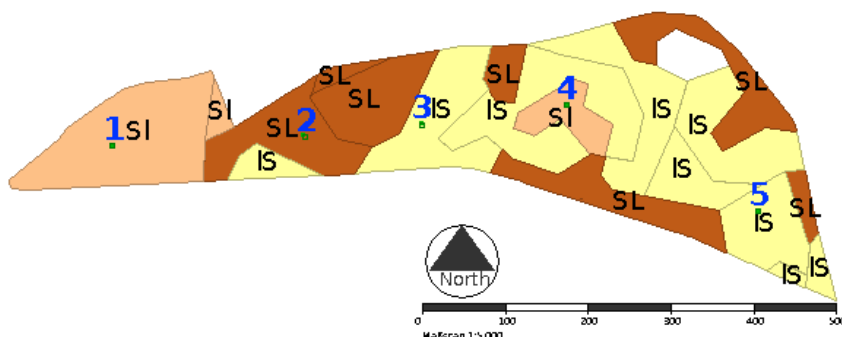


Abb. 2: Darstellung der Fläche „Kirsch/ Nord“ mit den Klassenzeichen; angegeben sind die Bodenart nach Bodenschätzung und die 5 gewählten Beprobungspunkte

Ergebnisse und Diskussion

Die betriebsübliche Bodenbeprobung 2008 zeigt, dass sich zum Flächendurchschnitt Abweichungen ergeben. Es zeigen sich bei der pH-Wert-Klasse und P-Gehaltsklasse 1 Klassensprung und bei der K-Gehaltsklasse 2 Klassensprünge. Beim Flächendurchschnitt wäre das Ergebnis für P die Gehaltsklasse B bzw. für K die Gehaltsklasse C. Dieses würde nicht die Verteilung in der Fläche widerspiegeln (Tab. 1).

Die Bodenbeprobung nach Orientierung an der Bodenart weist 2009 eine weitergehende Differenzierung auf. Der Beprobungspunkt 1 (am Hangfuß liegend) ist beim P-Gehalt mit der Gehaltsklasse C und die anderen 4 Beprobungspunkte sind mit B zu bewerten. Bei der Bewertung der K-Gehalte zeigen 4 Punkte die Gehaltsklasse C und der Wert für Punkt 5 liegt auf der Gehaltsklassengrenze B/A. Für die Mg-Gehalte zeigt sich ebenfalls eine starke Differenzierung in der Fläche (Klassen B - E). Auch die pH-Werte weisen bei der Einordnung in Bewertungsklassen eine deutliche Schwankungsbreite auf (Klasse B - D).

Auffällig ist der Beprobungspunkt 5 mit sehr geringen K- und Mg-Gehalten. Die Bodenart ist mit IS (lehmgiger Sand) angegeben (wie bei Punkt 3), aber eine zusätzliche Bestimmung der Bodenart im Feld ergab hier Unterschiede: Beprobungspunkt 5 weist einen deutlich höheren Schluffgehalt auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Aufteilung der Fläche in Teilflächen, vorzugsweise an unterschiedlichen Bodenarten orientiert, eine weitergehende Differenzierung der Gehaltsklassen und weiteres Optimierungspotenzial für die Grunddüngung aufweisen. Somit ist es empfehlenswert, standörtliche Unterschiede bei der Bodenbeprobung für eine optimale Grunddüngung zu berücksichtigen.

Tab.1: Teilflächen-Beprobungsergebnisse und der sich ergebene Flächendurchschnitt der Fläche „Kirsch/Nord“; Beprobungstermin: August 2008; Aufteilung der Fläche: betriebsüblich in zwei gleichgroße Teilflächen

Teilfläche	Bodenart	pH-Wert	pH- Wert Klasse	P- Gehalt	P- Klasse	K- Gehalt	K- Klasse	Mg- Gehalt	Mg- Klasse
West	I`S	6,0	C	4,1	B	12	D	4,8	C
Ost	I`S	6,4	D	5,6	C	6	B	4,7	C
Ø Kirsch Nord		6,2	C	4,9	B	9	C	4,8	C

Tab. 2: Teilflächen-Beprobungsergebnisse der Fläche „Kirsch/Nord“; Beprobungstermin: 16.09.2009; Aufteilung der Fläche: nach Bodenart aus dem Klassenzeichen

Teilfläche	Bodenart	pH-Wert	pH- Wert Klasse	P- Gehalt	P- Klasse	K- Gehalt	K- Klasse	Mg- Gehalt	Mg- Klasse
1	SI	6,3	D	7,1	C	9,7	C	7,3	E
2	SL	5,7	C	4,3	B	11,9	C	9,8	D
3	IS	5,4	B	4,1	B	11,0	C	7,3	C
4	SL	5,4	B	4,4	B	9,3	C	5,9	E
5	IS	5,6	C	4,0	B	5,0	B/A	4,6	B

Literatur

Hinck S., Mueller K., Emeis N., Christen O. 2009: Nährstoffgehalte bei teilflächenspezifischer Bodenbeprobung (Anwendungsbeispiel). In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Hrsg.: Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Verlag Liddy Halm, Göttingen. Band 21, S. 129-130.

Wirkung von Biogasgärrückständen auf ausgewählte Bodenparameter am Standort Pfahlheim

Barbara Elste*, Jan Rücknagel** und Olaf Christen*

Einleitung

Seit der Einführung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) nimmt die Anzahl an Biogasanlagen in Deutschland kontinuierlich zu. Neben der Erzeugung von Biogas fallen zusätzlich Gärreste an, die als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Am Standort Pfahlheim (Baden-Württemberg) wurde die Wirkung von Biogasgärrückständen auf bodenchemische und bodenphysikalische Parameter untersucht.

Material und Methoden

Bei der Versuchsanlage in Pfahlheim (Ausläufer der Schwäbischen Alb, Bodenart Ap-Horizont: schluffiger Lehm, Bodentyp: Parabraunerde, Jahresdurchschnittstemperatur 7,7 °C, Jahresdurchschnittsniederschlag 840 mm) handelt es sich um eine einfaktorielle Blockanlage mit 4-facher Wiederholung. Folgende Prüfglieder wurden nach drei Versuchsjahren im Frühjahr 2009 untersucht: a) ungedüngte Kontrollvariante, b) Mineraldüngung, c) Rohgülle (Schwein), d) Gärrest. Dabei wurden die Parameter pH-Wert, C_{org} -Gehalt und C_{mic} -Gehalt in den Schichten 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm sowie die bodenphysikalischen Parameter Trockenrohdichte, Luftkapazität und kf-Wert in den Tiefen 2-8 cm und 12-18 cm ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die pH-Werte unterscheiden sich in den Varianten mit Gärrest- und Rohgülledüngung in keiner Tiefe (Tab. 1). Die Mineraldüngung hat dagegen in 0-10 cm eine bodenversauernde Wirkung.

Tab. 1: pH-Wert, C_{org} - und C_{mic} -Gehalt [M.-%] in Abhängigkeit der Düngevarianten und Tiefenstufen (Pfahlheim, Mai 2009), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen ($P \leq 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb einer Tiefenstufe

Bodentiefen	pH-Wert			
	ungedüngt	mineralisch	Rohgülle	Gärrest
0-10 cm	5,5 a	5,3 a	5,5 a	5,5 a
10-20 cm	5,5 a	5,4 a	5,5 a	5,4 a
20-30 cm	5,6 a	5,5 a	5,5 a	5,5 a
	C_{org} [M.-%]			
0-10 cm	1,64 a	1,68 a	1,59 a	1,56 a
10-20 cm	1,75 a	1,82 a	1,50 a	1,81 a
20-30 cm	1,42 a	1,52 a	1,66 a	1,45 a
	C_{mic} [μ gC / g TS]			
0-10 cm	364,5 a	345,5 a	419,4a	315,2 a
10-20 cm	297,6 a	317,5 a	323,3 a	268,4 a
20-30 cm	247,3 a	239,0 a	212,2 a	222,3 a

* Agrochemisches Institut Piesteritz e.V., Möllendorfer Str. 13, 06886 Lutherstadt Wittenberg

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/Ökologischen Landbau, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle

Die Düngung mit Gärresten und Gülle bewirkt nach 3-jähriger Versuchsdauer keine signifikante Änderung im C_{org} -Gehalt. Dagegen zeichnet sich in der Variante mit Schweinegülle eine Erhöhung der C_{mic} -Gehalte ab. Dies ist ein Hinweis auf beginnende Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt des Bodens.

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die ermittelten bodenphysikalischen Parameter. Bei allen Düngungsvarianten ist eine relativ hohe Trockenrohdichte in der Bodentiefe 12-18 cm zu verzeichnen.

Tab. 2: Trockenrohdichte, Luftkapazität und gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) in Abhängigkeit der Düngevarianten und Tiefenstufen (Pfahlheim, Mai 2009); unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen ($P \leq 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb einer Tiefenstufe

Varianten	Trockenrohdichte [g cm ⁻³]		Luftkapazität [Vol.-%]		kf-Wert [cm d ⁻¹]	
	2-8 cm	12-18 cm	2-8 cm	12-18 cm	2-8 cm	12-18 cm
ungedüngt	1,20 a	1,35 a	15,5 a	7,0 a	195 a	18 a
mineralisch	1,11 b	1,34 a	23,1 b	8,0 a	281 a	27 a
Rohgülle	1,21 a	1,38 a	15,6 a	6,5 a	10 a	20 a
Gärrest	1,18 a	1,36 a	17,0 a	6,0 a	145 a	85 a

Ursache dafür ist die pfluglose Bodenbearbeitung, die seit der Versuchsanlage 2007 praktiziert wird. An den Stechzylinderproben zeigt sich, dass die Trockenrohdichte bei Mineraldüngung im Bereich der Oberkrume (2-8cm) verringert ist. Teilweise lässt sich dies mit den höheren C_{org} -Gehalten in der Mineraldüngervariante erklären. Ulrich (2008) konnte ebenfalls Korrelationen zwischen Trockenrohdichte und C_{org} -Gehalt unter Berücksichtigung von Daten aus langjährigen Bodenbearbeitungs- und Dauerdüngungsversuchen nachweisen. Der nach Ulrich (2008) errechnete Dichteunterschied ist mit 0,02 g cm⁻³ jedoch geringer als die am Standort Pfahlheim ermittelte Trockenrohdichtedifferenz. Die Luftkapazität korreliert negativ mit der Lagerungsdichte. Demzufolge ist in der Mineraldüngervariante die höchste Luftkapazität zu verzeichnen. In der Bodentiefe von 12-18 cm sind die Luftkapazitäten als kritisch zu beurteilen, da sie deutlich unter dem angegebenen Richtwert von 8 Vol.-% (Krume) liegen (Lebert et al. 2004). Das Bodengefüge wies dagegen günstige gesättigte Wasserleitfähigkeiten mit mehr als 10 cm d⁻¹ auf. Dies spricht für einen sich lösenden Zusammenhang von Makroporenanteil und -kontinuität als Folge der pfluglosen Bodenbearbeitung.

Literatur

- Lebert M., J. Brunotte, C. Sommer 2004: Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. UBA Texte, S. 46-04.
- Ulrich S. 2008: Zum Indikatorwert ausgewählter physikalischer Parameter und Kenngrößen des Kohlenstoffhaushaltes im Boden unter Berücksichtigung von Daten aus langjährigen Bodenbearbeitungs- und Dauerdüngungsversuchen. Dissertation Universität Halle-Wittenberg.

Agroökologische Bedeutung von Zwischenfrucht- Wurzeigenschaften für den Bodenwasser- und Humushaushalt

Gernot Bodner, Katharina Meier, Margarita Himmelbauer, Willibald Loiskandl und
Hans-Peter Kaul

Einleitung

Zwischenfruchtbau gehört zu den wichtigsten Agrarumweltmaßnahmen in Europa. Die Wurzeigenschaften der Begrünpflanzen sind für viele ihrer agroökologischen Leistungen entscheidend, jedoch sind sie im Vergleich zu den oberirdischen Eigenschaften der Kulturen wesentlich weniger untersucht.

Der Beitrag zeigt die Durchwurzelungsintensität verschiedener Zwischenfruchtarten sowie einen Vergleich der Mineralisierung ihrer oberirdischen und Wurzelrückstände. Diese werden im Zusammenhang mit den Zielen des Zwischenfruchtbaus diskutiert. Ziel ist es, die Kenntnis der Wurzeigenschaften zu verbessern, um sie gezielt in Managementempfehlungen zu integrieren.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde auf einem Feldversuch an der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien am Standort Raasdorf durchgeführt. Der Standort zählt zum semi-ariden pannonischen Produktionsgebiet Ostösterreichs mit Jahresniederschlagssummen von 520 mm und einer mittleren Temperatur von 9,8 °C. Der Bodentyp ist eine Schwarzerde aus Löss auf schottrigem Untergrund.

Die Zwischenfrüchte Platterbse, Phacelia, Senf, Grünroggen und Öllein wurden am 20. August 2009 in einer randomisierten Blockanlage in dreifacher Wiederholung angebaut. Die Wurzelprobennahme für die bildanalytische Bestimmung der Wurzellängendichte erfolgte am 10. Dezember mittels Bodenbohrer (\varnothing 7,5 cm) auf eine Tiefe von 60 cm. Die anschließende Aufbereitung der Proben für die Parameterbestimmung mit der Software WinRhizo ist im Detail bei Himmelbauer et al. (2004) beschrieben.

Die Mineralisierung der oberirdischen und Wurzelrückstände wurde mit der Litterbag-Methode bestimmt (Silver und Miya 2001). Es wurde 2 g trockenes Material pro Litterbag am 30. Dezember in 5 cm Bodentiefe vergraben. Die Maschenweite der Netze betrug 1 mm. Je drei Säckchen wurden an drei Terminen (30.3., 9.4., 4.5.) ausgegraben und gewogen. Bestimmt wurde die Abnahme des Kohlenstoffgewichts (Trockenmasse bei Abzug des Ascheanteils).

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Tiefenverlauf der Wurzellängendichte der Begrünpflanzenkulturen (1a) sowie deren oberirdischen Aufwuchs (1b). Phacelia und Senf erbrachten signifikant höhere Biomasseerträge als die anderen Varianten. Dies ist neben ihrem Wachstumspotenzial vor allem auf deren Spätsaatverträglichkeit zurückzuführen.

Hinsichtlich der Durchwurzelung zeigten Senf und Lein die höchsten Wurzelichten im Oberboden, Phacelia und Roggen erreichten mittlere Dichten, während erwartungsgemäß die Leguminosenvariante die geringste Wurzellängendichte zeigte. In den Bodenschichten unter 45 cm ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Durchwurzelungsintensität.

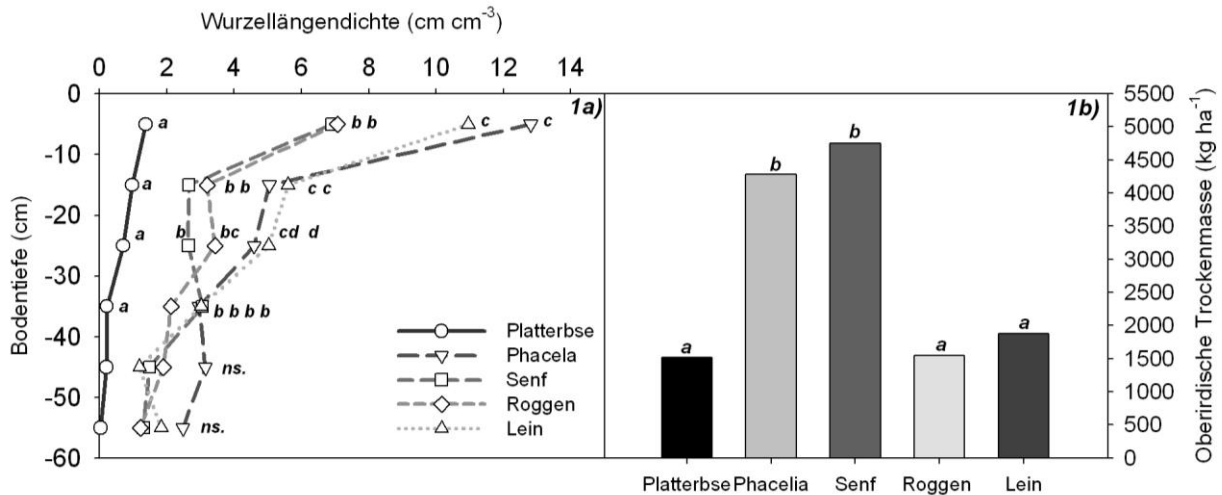


Abb. 1: Wurzellängendichte (a) und oberirdischer Aufwuchs (b) verschiedener Zwischenfruchtarten.

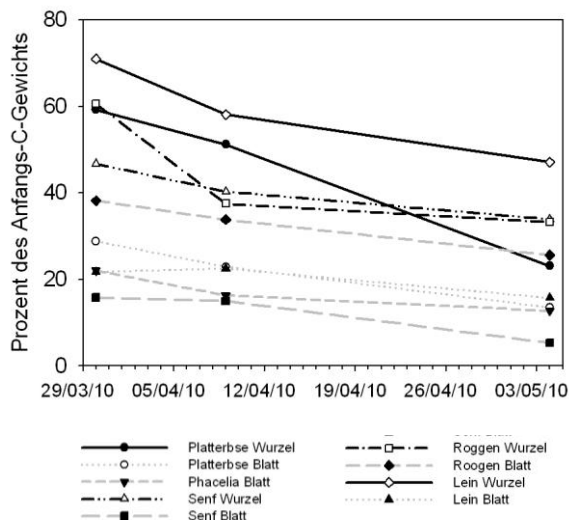


Abb. 2: Mineralisationsverläufe

Wasserbedarf der Zwischenfrüchte kann damit jedoch einhergehen. 2.) Bodenverbessernde Wirkung hinsichtlich Krümelstabilität und Bodenlockerung durch ein intensives Wurzelsystem im Oberboden sind insbesondere bei Senf und Öllein zu erwarten. Dies bedeutet bessere Infiltration der Niederschläge und geringe Erosionsgefahr. 3.) Förderung des Bodenlebens durch Gründüngung leistet das rasch abbaubare Blattmaterial. Humusaufbau erfordert dagegen stabile Wurzelrückstände. Die Zwischenfrucht Öllein scheint dafür aufgrund der intensiven Lignifizierung ihrer Siebröhren (Bild nicht gezeigt) und daher langsamen Abbaurates der Wurzelrückstände sehr gut geeignet.

Literatur

- Himmelbauer M.L., W. Loiskandl, F. Kastanek 2004: Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different image analysis systems. *Plant Soil* 260: 111–120.
- Silver, W.L. und R.K. Miya 2001: Global patterns in root decomposition: comparison of climate and litter quality effects. *Oecologia* 129: 407-419.

Abbildung 2 zeigt den Mineralisierungsverlauf des Blatt- und Wurzelmaterials. Es ist deutlich erkennbar, dass die Wurzelrückstände eine höhere Stabilität aufweisen als das Blattmaterial. Am 4. Mai waren im Mittel noch 34,3 % des eingesetzten Kohlenstoffes der Wurzelrückstände gegenüber 14,5 % des oberirdischen Materials vorhanden.

Hinsichtlich der agro-ökologischen Wirkung der Begrünung können folgende Schlüsse gezogen werden: 1.) Grundwasserschutz vor Nitrat erfordert eine Begrünung mit hohem Wachstumspotenzial und intensiver Durchwurzelung. Senf und Phacelia sind dafür am besten geeignet. Ein etwas höherer

Reduzierung von Unkrautsamen durch Fraß bei unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung

A. Banhardt, S. Gruber und W. Claupein

Einleitung

Konservierende Bodenbearbeitung findet vermehrt auch in Deutschland Verbreitung, da produktionstechnische und ökologische Vorteile damit verbunden sind. In Bodenbearbeitungssystemen mit wenigen Störungen können sich auch größere Populationen verschiedener Lebewesen wie Laufkäfer, Schnecken und Mäuse aufbauen. Bei Vertebraten und auch bei Invertebraten gibt es viele Gruppen, die Samen verzehren (Westerman et al. 2003). Die Anzahl an Samen, die gefressen werden, kann durch das Bodenbearbeitungssystem beeinflusst werden. In einem Feldversuch wurde auf drei unterschiedlich bewirtschafteten Flächen (wendend, nicht-wendend, Direktsaat) Samen sechs verschiedener Pflanzenarten in Fraßstellen ausgelegt und die Prädatorenleistung in einem Ausschlussversuch bestimmt.

Material und Methoden

Verwendet wurden Samen von zwei Kulturpflanzen und vier Unkräutern: Raps (*Brassica napus* L.), Weizen (*Triticum aestivum* L.), Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense* L.), Klettenlabkraut (*Galium aparine* L.), Vogelmiere (*Stellaria media* (L.) Vill) und Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.). Die Samen wurden durch zehnmütiges Autoklavieren bei 121 °C inaktiviert, um eine Keimung im Feldversuch zu verhindern. Jeweils 25 Samen jeder Art wurden auf ein wasserfestes Schleifpapier (28 cm x 11,5 cm, Körnung 80) mit wasserfestem, repositionierbarem Sprühkleber (Spray Mount) befestigt. Um ein Festhaften der Tiere im Kleber zu verhindern, mussten die Samenkarten mit Sand bestreut werden.

Gitterkäfige (37 cm x 25 cm x 13 cm) mit 25 bzw. 6,3 mm Maschenweite wurden über die Samenkarten gestülpt. Durch die unterschiedlichen Maschenweiten wurden die Prädatoren in drei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1: Sandpapier ohne Gitterkäfig, alle Prädatoren haben Zugang

Gruppe 2: Sandpapier mit Gitterkäfig (25 mm), Ausschluss von Vögeln

Gruppe 3: Sandpapier mit Gitterkäfig (6,3 mm), Ausschluss von Vertebraten

Durchgeführt wurde der Versuch in einem seit 11 Jahren bestehenden Bodenbearbeitungsversuch mit vier Wiederholungen mit den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug, Grubber und Direktsaat (Parzellengröße 40 m x 18 m) auf der Versuchsstation Ihinger Hof (8,8 °C, 688 mm). Zusätzlich wurde pro Wiederholung ein Kontrollkäfig angebracht, um Samenverluste durch Wetterbedingungen zu bestimmen. Die Kontrollkäfige mit 1 mm Maschenweite wurden mit Hilfe von 30 cm langen Heringen 15 cm über der Erdoberfläche angebracht. Insektenleim an den Heringen sollte das Einwandern von Prädatoren verhindern. Die Deckel der Kontrollkäfige wurden aus Gitterdraht (Maschenweite 25 mm) gefertigt. Ein Versuchsdurchgang umfasste zwei Wochen, danach wurden die Samenkarten ausgetauscht. Es werden drei Durchgänge im Weizenbestand durchgeführt sowie ein weiterer Durchgang nach der Ernte.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Versuchsdurchgang vom 7. Juni bis zum 21. Juni 2010 waren in allen drei Prädatorengruppen klare Samenpräferenzen vorzufinden (Abb. 1).

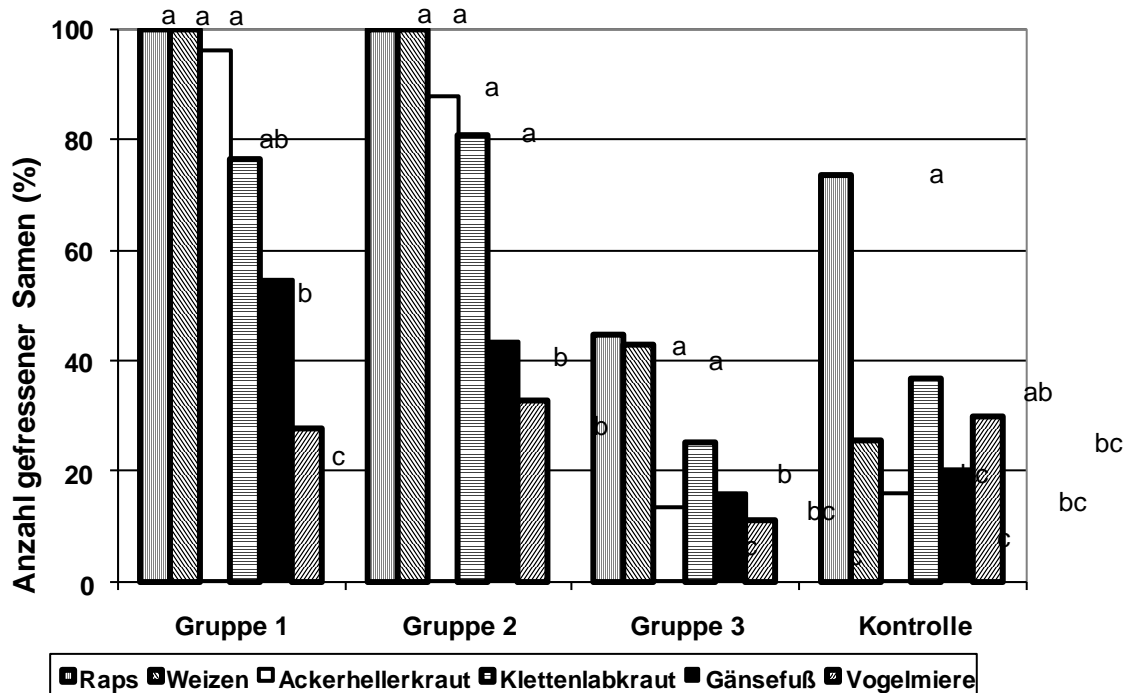


Abb. 1: Anzahl gefressener Samen von drei Prädatorengruppen nach zwei Wochen. Mittelwerte rücktransformiert, Signifikanzen bezogen auf transformierte Daten, getrennt für jede Gruppe, $p > 0.05$

In den Gruppen 1 und 2 wurden die Kulturpflanzen Weizen (je 100 % Verlust) und Raps (je 100 % Verlust) und die größeren Unkrautsamen Ackerhellerkraut (96 %, 88 % Verlust) und Klettenlabkraut (76 %, 81 % Verlust) den kleinen Unkrautsamen Gänsefuß (55 %, 43 % Verlust) und Vogelmiere (28 %, 33 % Verlust) vorgezogen. In Gruppe 3 fehlten am meisten Kulturpflanzensamen (Raps 45 %, Weizen 43 % Verlust). Die Weizensamen waren dabei oft nur angefressen. Bei allen Weizensamen war stets zuerst der Embryo betroffen. Die Kontrolle zeigt, dass offensichtlich nur ein Teil der Verluste auf Samenfraß zurückzuführen war. Vor allem ein starker Gewitterregen am 9. Juni (22 l m^{-2} in 15 min) könnte zu den nicht durch Fraß verursachten Samenverlusten geführt haben. Der Ausschluss von Vertebraten (Gruppe 3) führte zu geringeren Samenverlusten, und lässt z. B. Mäuse oder Vögel als dominierende Gruppe vermuten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch Westermann et al. (2003). Zwischen Gruppe 1 und 2 gab es keine signifikanten Unterschiede im Samenfraß innerhalb der Samenarten. Zwischen den Bearbeitungsvarianten wurden im ersten Durchgang ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In weiteren Versuchsdurchgängen muss das Ergebnis des 1. Durchgangs überprüft werden.

Literatur

Westerman P.R., Hofman A., Vet L.E.M., van der Werf W. 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 417-425.

Einfluss von Gärprodukten aus der Biogaserzeugung auf die Regenwurmpopulationen eines sandigen Standortes

G. Bermejo, S. Krück und F. Ellmer

Einleitung

Durch die in Deutschland gestiegene Energieproduktion aus Biogasanlagen hat auch die Menge der verbleibenden Rückstände stark zugenommen. Jährlich fallen mehrere Millionen Tonnen dieser Gärprodukte an. Sie werden als Dünger verwendet und schließen so den Nährstoffkreislauf in landwirtschaftlichen Ökosystemen. Allerdings sind die Auswirkungen dieser neuartigen Düngestoffe auf die Agrarökosysteme noch nicht hinreichend erforscht. Aus diesem Grund ist das Ziel dieser Arbeit, den Einfluss von zwei verschiedenen Gärprodukten auf die Regenwurmpopulationen eines sandigen Standortes zu ermitteln.

Material und Methoden

Am Standort Berlin-Dahlem werden mehrjährig Feldversuche durchgeführt. Der Boden ist eine Braunerde-Fahlerde, in der sich bis 60 cm ein schwach lehmiger Sand findet. 120 kg ha⁻¹ Gesamt-N aus festen und flüssigen Gärprodukten und konventionellen Düngern wurden in einer einfaktoriellen Blockanlage mit vierfacher Wiederholung ausgebracht. Als Kontrolle diente eine ungedüngte Variante. Die ausgebrachten Dünger unterscheiden sich in ihren stofflichen Parametern deutlich (Tab. 1). Um Informationen über die Verteilung der Regenwurmpopulationen nach Ausbringung der verschiedenen Düngerarten zu erhalten, wurde einen Monat nach der Düngung eine Hand-Sortierung eines definierten Bodenvolumens von 2 mal 1/8 m² und 20 cm Tiefe pro Parzelle durchgeführt. Diese wurde mit einer Formalin-Extraktion kombiniert, um anektische, tiefgrabende Regenwurmartens ebenfalls erfassen zu können.

Tab. 1: Stoffliche Eigenschaften der eingesetzten Düngestoffe: pH-Wert, Trockensubstanz (% TS), Gesamt-Stickstoff (N_t % TM), Ammonium-Stickstoff (NH₄⁺-N % TM), Gesamt-Kohlenstoff (C_t % TM), Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C_t/N_t)

Parameter	Gärrest flüssig	Gärrest fest	Gülle	Stallmist
%TS	7,99	14,99	8,60	22,70
pH-Wert	8,00	7,90	7,50	7,60
N _t (%TM)	4,13	3,40	4,19	2,33
NH ₄ ⁺ -N (% TM)	0,25	0,22	0,19	0,03
C _t (%TM)	29,79	42,71	43,20	39,45
C _t /N _t	4,86	12,31	10,32	16,90

Ergebnisse und Diskussion

Einen Monat nach der Düngung wurden mit 61 Tiere m⁻² in der ungedüngten Kontrolle die geringsten Abundanzen gefunden. In allen gedüngten Varianten lagen die Abundanzen höher und erreichten in der Stallmistvariante 139 Tiere m⁻² endogäische Arten wie *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea icterica* und *Aporrectodea rosea* waren klar dominierend und die Anzahl an anektischen Arten (*Aporrectodea longa* und *Lumbricus terrestris*) belief sich auf nur 1 bis 4 Individuen m⁻² (Tab. 2).

Tab. 2: Abundanz (Individuen m⁻²) und Biomasse (g m⁻²) von Regenwürmern einen Monat nach Ausbringung verschiedener organischer Düngestoffe im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Humboldt-Universität, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

Mittelwerte und Tukey Test α : 0,05 %. Die Mittelwerte aus der gleichen homogenen Gruppe werden durch gleiche Buchstaben markiert

Abundanz (Individuen m⁻²)					
	Kontrolle	Gärrest flüssig	Gärrest fest	Gülle	Stallmist
Gesamtzahl	61 ^a	93 ^a	101 ^a	124 ^a	139 ^a
Endogäische	58 ^a	89 ^a	100 ^a	120 ^a	136 ^a
Anektische	1 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	2 ^a
Juvenile	54 ^a	86 ^a	96 ^a	106 ^a	127 ^a
Adulte	5 ^{ab}	6 ^{ab}	4 ^a	14 ^b	10 ^{ab}
Biomasse (g m⁻²)					
Gesamtbiomasse	8,57 ^a	11,40 ^a	13,38 ^a	23,06 ^a	16,16 ^a
Endogäische	8,03 ^a	10,74 ^{ab}	13,32 ^{ab}	22,22 ^b	18,85 ^{ab}
Anektische	0,37 ^a	0,66 ^a	0,05 ^a	0,65 ^a	0,12 ^a
Juvenile	4,26 ^a	7,44 ^a	8,90 ^a	9,67 ^a	9,95 ^a
Adulte	4,14 ^a	3,67 ^a	4,15 ^a	12,91 ^a	8,86 ^a

Die höchste Abundanz an Regenwürmern wurde in der mit Stallmist gedüngten Variante gefunden. Dies war gleichzeitig der Dünger mit den höchsten Trockensubstanzgehalten. Es ist bekannt, dass die Zufuhr an organischer Substanz eine der wichtigsten Faktoren für die Zunahme an Regenwürmern in Ackerflächen ist (Edwards und Lofty 1982). Zusätzlich war bei Stallmist das C/N-Verhältnis am höchsten. Nach den Experimenten von Aira et al. 2006 wurde beobachtet, dass Dünger mit einem höheren C/N-Verhältnis einen stark positiven Einfluss auf die Regenwurmpopulationen haben.

Ernst et al. 2007 stellten fest, dass die organische Substanz von Gärprodukten im Vergleich zu konventionellen organischen Düngern für Regenwürmer schwerer abbaubar ist. Nach dem Einsatz von Gärprodukten waren die Abundanzen der Regenwürmer um 20 bis 25 Tiere m⁻² niedriger als bei Gülle- und Stallmistdüngung. Nach Gülle-Einsatz war die Abundanz der adulten Regenwürmer sogar signifikant höher als bei flüssiger Gärrestdüngung und führte zu einer höheren Gesamtbiomasse (Tab. 2). Diese geringere Förderung der Regenwurmpopulationen der Gärprodukte könnte deshalb darauf zurückzuführen sein, dass der Anteil leicht verwertbarer organischer Substanzen im Ergebnis des Fermentationsprozesses geringer ist. Ein weiterer Aspekt sind möglicherweise die höheren NH₄⁺-N-Konzentrationen und die höheren pH-Werte der Gärprodukte (Ernst et al. 2007).

Literatur

- Aira M., Monroy F., Domínguez J. 2006: C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. *European Journal of Soil Biology* 43: S127-S131.
- Edwards C.A., Lofty J.R. 1982: Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry* 14: 515-521.
- Ernst G., Müller A., Göhler H., Emmerling C. 2007: C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1413-1420.

Auswirkungen von Kieselgurbeimengungen zu einem schwach schluffigen Sand auf Wasserhaushaltsgrößen, die gesättigte Wasserleitfähigkeit und den pH-Wert

Anne Rademacher, Jan Rücknagel, Bernhard Wagner und Olaf Christen

Einleitung

Bei Kieselgur, die auch als Diatomit bezeichnet wird, handelt es sich um ein sehr feinkörniges und hochporöses Pulversediment (Benda und Paschen 1993), dessen Hauptbestandteil die amorphe Kieselsäure ist (Benda und Mattiat 1977). Duchon (1925) führte die ertragssteigernde Wirkung der kolloidalen Kieselsäure (synthetisch hergestelltes Kieselsäurehydrat und Kieselsäureanhydrid) bei unzureichender Phosphorsäuredüngung in Sandkulturen auf die Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften zurück. Die Wirkung der kolloidalen Kieselsäure betrifft insbesondere die Wasserkapazität und Wasserdurchlässigkeit. Auch Weihe (1931) stellte bei Versuchen mit kolloidaler Kieselsäure eine Erhöhung der Wasserkapazität leichter und mittelschwerer Böden fest. Er beschreibt, dass die Kieselsäureteilchen das Wasser besser absorbieren und dadurch mitbestimmend auf die „Dürre-widerstandsfähigkeit“ des Bodens einwirken. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Beeinflussbarkeit der bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften eines schluffigen Sandes durch Beimengung von Kieselgur zu prüfen.

Material und Methoden

Das Sandsubstrat (3,6 M.-% Ton, 80,4 M.-% Sand) wurde in den Gehaltsstufen von 0,0 M.-%, 0,1 M.-%, 1,0 M.-% und 10,0 M.-% mit Kieselgur versetzt und mit einer Trockenrohddichte von 1,45 g/cm³ in 250 cm³ Stechzylinder eingebaut. Zudem wurden die Wasserhaushaltsparameter der Kieselgur selbst ermittelt (Einbautrockenrohddichte 0,64 g/cm³). Die Wasserspannungs-Wassergehaltsbeziehungen wurden in einem Sandsaugtisch sowie im Druckplattenextraktor (DIN ISO 11274 2001) und die gesättigte Wasserleitfähigkeit in einer stationären Anlage (DIN 19683-9 1998) ermittelt. Von allen Varianten wurden die pH-Werte mit einem pH-Meter in CaCl₂-Lösung bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Abnahme der Luftkapazität ist in den Beimengungsstufen von 10,0 M.-% und 100,0 M.-% Kieselgur signifikant im Vergleich zu den niedrigeren Beimengungsstufen (Tab. 1). Eine signifikante Steigerung der nutzbaren Feldkapazität und des Wassergehaltes beim permanenten Welkepunkt zeigt sich bei 10,0 M.-% Kieselgurbeimengung (K.) und bei der reinen Kieselgur (100 M.-%). Die gesättigte Wasserleitfähigkeit nimmt bis zu einer Beimengung von 1,0 M.-% Kieselgur tendenziell zu. Bei einer Kieselgurbeimengung von 10,0 M.-% und 100,0 M.-% ist die Abnahme der Wasserleitfähigkeit signifikant niedriger als in den Stufen mit 0,0 M.-%, 0,1 M.-% und 1,0 M.-% Kieselgurbeimengung. Der pH-Wert des Bodens (0,0 M.-% K.) von 5,30 erhöht sich bereits ab einer Beimengung von 0,1 M.-% Kieselgur (6,32) stark. Die maximale Steigerung des pH-Wertes wird mit 1,0 M.-% Kieselgurbeimengung erreicht.

Tab. 1: Einfluss der Kieselgurbeimengung auf bodenphysikalische Eigenschaften und den pH-Wert, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen $p < 0,05$ zwischen den Varianten, * Kieselgurbeimengung

Parameter	Varianten				
	0,0 M.-% K.*	0,1 M.-% K.	1,0 M.-% K.	10,0 M.-% K.	100,0 M.-% K.
Trockenrohichte (g/cm ³)	1,43	1,44	1,44	1,44	0,64
Luftkapazität (Vol.-%)	22,5 ^a	23,7 ^a	22,0 ^a	9,7 ^b	1,6 ^c
nutzbare Feldkapazität (Vol.-%)	14,8 ^a	13,1 ^a	14,4 ^a	23,4 ^b	55,1 ^c
permanenter Welkepunkt (Vol.-%)	6,6 ^a	6,9 ^a	7,3 ^a	10,4 ^b	18,5 ^c
gesättigte Wasserleitfähigkeit (cm/d)	517 ^a	549 ^a	590 ^a	59 ^b	7 ^c
pH-Wert	5,3	6,3	6,4	6,4	6,3

Insgesamt sind die meisten positiven Effekte bei einer Zumischung von 10,0 M.-% Kieselgur zu verzeichnen. Der Einfluss, den die Kieselgurbeimengungen auf die Wasserhaushaltsparameter haben, belegt, dass die Untersuchungsergebnisse von Duchon (1925) und Weihe (1931) auch für die Kieselgur (amorphe Kieselsäure) gelten. Für die landwirtschaftliche Praxis bedeutet eine 10,0 M.-% Kieselgurbeimengung eine Ausbringungsmenge von etwa 290 t/ha Kieselgur. Neben den Kosten von etwa 26.000 €/ha für die grubenfeuchte Kieselgur entstehen noch Transport- und Ausbringungskosten. Der zugelassene Bodenhilfsstoff Kieselgur ist zudem mit restriktiven Anwendungsbeschränkungen und -verboten belegt (DüV 2006), so dass vielfältige Herausforderungen bei der praktischen Anwendung bestehen.

Literatur

- Benda L., Mattiat B. 1977: Die Kieselgur-Lagerstätten Niedersachsens II. Rohstoffanalyse und Qualitäts-Kennzeichnung im Hinblick auf die Verwertbarkeit. Geologisches Jahrbuch Hannover, D22: 3-107.
- Benda L., Paschen S. 1993: Kieselgur (Diatomit) – ein vielseitig genutzter Rohstoff. Geologisches Jahrbuch Hannover A142: 383-398.
- DIN ISO 11274 2001: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens.
- DIN 19683-9 1998: Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau - physikalische Laboruntersuchungen - Teil 9: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in wassergesättigten Stechzylinderproben.
- Duchon F. 1925: Beiträge zur Erklärung der ertragssteigernden Wirkung der kolloidalen Kieselsäure bei unzureichender Phosphorsäuredüngung in Sandkulturen. Z. Pflanzenernähr. u. Düng. A4: 316 - 325.
- DüV 2006: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 10.01.2006.
- Weihe, A. 1931: Beitrag zur Kieselsäuredüngung, Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, A22: 281-306.

Energieeffizienz bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen in einer Fruchtfolge im pannonischen Produktionsgebiet

Tibor Arpad Szalay*, Gerhard Moitzi**, Helmut Wagentristl* und Peter Liebhard*

Einleitung

Im Ackerbau nehmen die Kosten des Energieverbrauches einen hohen Anteil der Produktionskosten ein. Energieeffiziente und nachhaltige Nutzungsarten haben einen hohen Stellenwert im Ackerbau. Traditionelle Systeme der Bodenbearbeitung werden mit dem Ziel „kostensparend und bodenschonend“ neu beurteilt. Eine Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität trägt wesentlich zur Produktionskostensenkung bei, außerdem wird die Erosionsgefährdung und Bodenverdichtung vermindert. An der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß-Enzersdorf wurde 1996 ein Langzeitversuch mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen angelegt. Neben den Auswirkungen auf bodenkundliche und pflanzenbauliche Parameter wurden auch die variantenbezogenen Energieaufwendungen ermittelt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich 8 km östlich von Wien. Der Bodentyp ist ein mitteltiefgründiger Tschernosem, mit hohem Schluffanteil. Die langjährige mittlere Jahrestemperatur beträgt 10 °C und die langjährige Jahressumme der Niederschläge liegt bei 544 mm. Die Versuchsanlage ist eine Spaltenanlage mit fünf Großteilstücken (Bodenbearbeitungssysteme) und je zwei Kleinteilstücken (Fruchtfolgen) in vierfacher Wiederholung. Die Parzellengröße beträgt jeweils 960 m² (40 m x 24 m). Die Parzellengröße ermöglicht eine Bewirtschaftung mit praxisüblicher Landmaschinenteknik (Tab. 1). Zur Beurteilung des variantenbezogenen Dieserverbrauchs wurde bei der Zuckerrüben- und Maissaat und zur Saatbettbereitung ein Traktor mit 59 kW eingesetzt, beim Durum- und Winterweizenanbau (Bodenbearbeitung und Saat) kam ein Traktor mit 92 kW zum Einsatz.

Tab.1: Geräte und deren Arbeitstiefe/Arbeitsbreite in cm (Bodenbearbeitungssysteme)

	Lockerbodenwirtschaft	Direktsaat	Lockerboden-Mulchwirtschaft*	Festboden-Mulchwirtschaft	Integr. Bodenbearbeitungssystem*
Pflug	25/160	-	-	-	25/160
Kreiselegge	5/300	-	-	-	5/300
Tiefenlockerer	-	-	35/300	-	-
Grubber tief	-	-	20/300	-	20/300
Grubber flach	-	-	-	10/300	-
Zuckerr.-Einzelkorn	3-5/300	3-5/300	3-5/300	3-5/300	3-5/300
Komb. Kr.egge-Säm.	4/300	4/300	4/300	4/300	4/300
Mais-Einzelkorn	7/450	7/450	7/450	7/450	7/450
Sämaschine	4/300	4/300	4/300	4/300	4/300
Grubber (Stop.sturz)	5/300	-	5/300	5/300	5/300
Düngung	-/1200	-/1200	-/1200	-/1200	-/1200
Pflanzenschutz	-/1200	-/1200	-/1200	-/1200	-/1200
Mähdrescher	-/500/5-reihig	-/500/5-reihig	-/500/5-reihig	-/500/5-reihig	-/500/5-reihig
Zuckerrübenernter	-/6-reihig	-/6-reihig	-/6-reihig	-/6-reihig	-/6-reihig

*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 der Versuchstraktoren integriert. Zusätzlich erfolgte eine sekundliche Aufzeichnung der Signale eines Radarsensors (tats. Fahrgeschwindigkeit) und eines induktiven Getriebesensors (theoretische Fahr-

* Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Univ. für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

**Institut für Landtechnik, Univ. für Bodenkultur, Peter-Jordan-Str. 82, 1180 Wien

geschwindigkeit) mit einem Datalogger (Squirrel 2020). Der Kraftstoffverbrauch [l/ha] wurde für die Hauptzeit (d. h. ohne Berücksichtigung der Wendezeit) aus den Faktoren Kraftstoffverbrauch [l/h] und Arbeitszeitaufwand [h/ha] berechnet. Für die Ernte wurde der Kraftstoffbedarf mittels Feldarbeitsrechner des KTBL berechnet. Nicht berücksichtigt wurde der Energieaufwand zur Herstellung der Arbeitsgeräte und der Zugmaschinen. Der Energieaufwand für den Betriebsmitteleinsatz wurde errechnet nach: Dieselkraftstoff und Saatgut Hülsbergen (2008), Pflanzenschutzmittel Saling und Kölsch (2008) und Mineral-N Jenssen und Kongshaug (2003).

Tab. 2: Fruchtarten in der Fruchtfolge und deren variantenbezogenen Durchschnittserträge (kg/ha)

Fruchtart	Lockerbodenwirtschaft	Direktsaat	Lockerboden-Mulchwirtschaft	Festboden-Mulchwirtschaft	Integr. Bodenbearbeitungssystem
Zuckerrübe	59.311	60.094	66.564	61.330	62.576
Durumweizen	4.159	3.247	4.469	4.636	4.981
Körnermais	11.152	11.489	10.840	10.986	11.588
Winterweizen	4.090	2.243	3.865	4.284	4.262

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 2 zeigt bei den Fruchtarten die variantenbezogenen Erträge. Die zum Teil erheblichen Ertragsunterschiede sind auf die Probleme bei der Saat wegen der großen Ernterückstandsmengen (Direktsaatvariante) zurückzuführen.

Tab. 3: Energiebilanz einer viergliedrigen Fruchtfolge bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen (ohne Stroh)

	Lockerbodenwirtschaft	Direktsaat	Lockerboden-Mulchwirtschaft	Festboden-Mulchwirtschaft	Integr. Bodenbearbeitungssystem
Direkter Energieeinsatz (MJ/ha)	10048,5	4950,0	8525,6	7815,3	8855,9
Dieselaufwand für Bodenbearbeitung (MJ/ha)	5770,5	666,5	4154,5	3509,6	4510,6
Dieselaufw. für Düngung (MJ/ha); 59 kW; 0,51 l/ha; 6 Fahrten gesamt	121,2	121,2	121,2	121,2	121,2
Dieselaufw. für Pflanzenschutz (MJ/ha); 59 kW; 0,51 l/ha; 7 (bzw. Direktsaat 11) Fahrten gesamt	141,4	222,2	141,4	141,4	141,4
Dieselaufw. für Ernte (MJ/ha) 150 kW; 5 m; Mais: 5-reihig Zuckerrübe: 230 kW; 6-reihig	4015,4	3940,2	4108,5	4043,2	4082,8
Indirekter Energieeinsatz (MJ/ha)	20650,9	25888,1	20650,9	20650,9	20650,9
Dünger (MJ/ha)	16307,9	16307,9	16307,9	16307,9	16307,9
Saatgut (MJ/ha)	1438,9	1496,1	1438,9	1438,9	1438,9
Herbizid (MJ/ha)	2614,1	7794,1	2614,1	2614,1	2614,1
Insektizid (MJ/ha)	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0
Gesamter Energieeinsatz (MJ/ha)	30699,4	30838,2	29176,5	28466,2	29506,8
Energieoutput (Fruchtertrag) (MJ/ha)	513781,6	469654,3	560695,5	544325,2	557362,1
Energieintensität (Energieinput MJ/kg Ertrag TS)	1,06	1,16	0,92	0,92	0,94
Output-Input = Nettoenergie (MJ/ha)	483082,2	438816,2	531519,1	515859,0	527855,3

Tabelle 3 zeigt alle Energieaufwendungen und den Energieertrag pro Hektar bezogen auf die ganze Fruchtfolge. Die Direktsaatvariante, bedingt durch den höheren Aufwand an energieintensiven Pflanzenschutzmitteln, weist den erforderlich höchsten Energieeinsatz und Energieintensität auf. Die Lockerbodenwirtschaft zeigt ähnlich hohe Werte, aufgrund der höheren Anzahl an Arbeitsgängen und Arbeitsintensität. Die niedrigste Energieintensität und die höchste Energieeffizienz (19,2 bzw. 19,1:1 Output/Input-Verhältnis) ergaben die Mulchsaatvarianten.

Vergleich verschiedener Stickstoffdünger in ihrer Auswirkung auf Ertrag und N-Versorgung bei Silomais

Andrea Ehmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Angesichts steigender Preise für Düngemittel denken viele Landwirte über reduzierte Düngung nach. Für eine wirtschaftliche Pflanzenproduktion sollte nur so viel Dünger eingesetzt werden wie die Pflanzen auch aufnehmen. Bei einer Teilung der Düngung in mehrere Gaben ist wichtig zu wissen, welche Gaben tatsächlich etwas bewirken und wie viele Gaben wirklich nötig sind. Im Jahr 2009 wurde in Deutschland auf insgesamt 1.646.700 ha Silomais angebaut. Aufgrund dieser großen Bedeutung befasst sich die vorliegende Studie mit der Stickstoffdüngung von Silomais. Ziel war die Untersuchung, ob sich verschiedene Dünger auf Ertrag, Qualität, Ertragskomponenten, Energiedichte und Gasbildungspotenzial von Silomais auswirken und ob sie sich in Aufnahme und Effizienz unterscheiden. Dazu wurde auf der zur Universität Hohenheim gehörenden Versuchsstation Ihinger Hof bei Renningen im Sommer 2009 ein Feldversuch durchgeführt. Eventuelle Einflüsse von Standort- und Klimavariabilitäten auf Ertrag und Qualität wurden anhand eines Vergleichs mit Ergebnissen anderer Feldversuche betrachtet.

Material und Methoden

Die Versuchsstation Ihinger Hof liegt auf 478 m über NN. Die Jahrestemperatur beträgt im Durchschnitt 8,3 °C und es fällt eine mittlere Niederschlagsmenge von 688 mm. Vorherrschende Bodenart auf den Versuchsflächen ist Keuperboden, der zum Teil mit Löss überlagert ist und einen entsprechend hohen Tongehalt aufweist. Der Feldversuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Silomaispflanzen der Sorte Companero wurden mit 160 kg N ha⁻¹ in drei Varianten in Form von Kalkammonsalpeter (KAS, 27 % N, je zur Hälfte NO₃-N und NH₄-N), Lithactyl®N PRO (15 % N, davon 12 % NH₄-N und 3 % Harnstoff) und Kalkammonsalpeter + 8 l ha⁻¹ FERTIACTYL® Starter, einer NPK-Düngerlösung (13 % N in Harnstoffform) zum 2-Blattstadium gedüngt. Zur Kontrolle wurde eine ungedüngte Variante angelegt.

Um mögliche Unterschiede im Wachstum der Varianten zu erfassen, wurde in regelmäßigen Abständen der Blattflächenindex (LAI-2000 Plant Canopy Analyzer, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA) gemessen. Im 4-Blattstadium, zur Blüte und zur physiologischen Reife wurden Probeschnitte von jeweils einem Quadratmeter gemacht und die gesamte Trockenmasse, die Trockenmasse der einzelnen Ertragskomponenten und die Stickstoffkonzentration in den Pflanzen untersucht. Im Erntegut wurden zusätzlich die Gehalte an enzymlösbarer organischer Substanz, Neutral-Detergenzien-Faser, Rohfett, Rohasche und Rohfaser (NIRS) analysiert, da diese Parameter zur Berechnung der Energiedichte und des Biogas- und Methanbildungspotenzials mittels Schätzformeln dienen. Um genauere Aussagen zur Stickstoffaufnahme treffen zu können, erfolgten vor der Aussaat und nach der Ernte N_{min}-Bodenanalysen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Versuchs zeigten, dass zwischen den eingesetzten Düngern keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf Ertrag und Qualität des Silomaises bestanden (Tab. 1). Dass die Pflanzen auf die Düngung mit den in Lithactyl®N PRO und FERTIACTYL® Starter enthaltenen zusätzlichen Nährstoffen nicht mit Mehrerträgen oder Qualitätssteigerungen im Vergleich zu Kalkammonsalpeter reagierten, ist möglicherweise mit der Sättigung des Bodens am Versuchsstandort zu erklären (Wendt et al. 1996).

Weiterhin bestanden zwischen den eingesetzten Düngern keine Unterschiede hinsichtlich des Potenzials zur Bildung von Biogas und Methan (Tab. 1). Da das Gasbildungspotenzial eines Maisbestandes entscheidend vom Biomasse-Ertrag abhängt, hat ein Dünger keinen Einfluss darauf, solange er nicht zu einer Ertragssteigerung führt (Amon et al. 2007).

Tab. 1: Trockenmasseertrag und Gasbildungspotenzial von Silomais zum Erntetermin am 15. September 2009 (Werte, die mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.)

	Einheit	Kontrolle	KAS	Lithactyl®N PRO	KAS + FERTIACTYL® Starter
Trockenmasseertrag	dt ha ⁻¹	122 ^a	203 ^b	191 ^b	198 ^b
Potenzieller Biogasertrag	1.000 m ³ ha ⁻¹	8,1 ^a	13,5 ^b	12,9 ^b	13,4 ^b
Potenzieller Methanertrag	1.000 m ³ ha ⁻¹	4,3 ^a	7,1 ^b	6,8 ^b	7,0 ^b

Im Hinblick auf diese Versuchsergebnisse und die geringen Ansprüche von Mais an mineralische Stickstoffdünger kann bei Silomais auf gut versorgten Standorten ohne Bedenken die kostengünstigste Düngerform, in diesem Fall Kalkammonsalpeter, eingesetzt werden. Der Einsatz von FERTIACTYL® Starter (72 % teurer als KAS) oder Lithactyl®N PRO (223 % teurer als KAS) ist unter den geprüften Standortbedingungen nicht rentabel für den Landwirt.

Literatur

- Amon T., A. Machmüller, V. Kryvoruchko, D. Milovanovic, R. Hrbek, M.W. Eder und B. Stürmer 2007: Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglyzerin unter den Standortbedingungen der Steiermark. Endbericht Forschungsprojekt Nr. 1421. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Steiermark, Österreich.
- Wendt J., A. Jungk und N. Claassen 1996: Höhe der Erhaltungsdüngung und Ausnutzung von Düngerphosphat vor dem Hintergrund der P-Alterung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 159: 271-278.

Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die N-Rhizodeposition von Leguminosen

Anke Landgraf und Knut Schmidtke

Einleitung

Die N-Rhizodeposition von Leguminosen wird definiert als N-Abgabe in den Boden über die Wurzel während des Wachstums der Pflanze. Die durch N-Rhizodeposition entstandene Anreicherung des Bodens mit Stickstoff ist bei der Betrachtung der N-Versorgung in Fruchtfolgen mit Leguminosen von Bedeutung. Bislang wurden die Messungen zur N-Rhizodeposition von Leguminosen bis auf wenige Ausnahmen (Høgh-Jensen und Schjoerring 2001) nur in Gefäßversuchen unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus durchgeführt, da eine isotopengestützte Messung unter Freilandbedingungen besonders hohe Anforderungen an die Methodik zur Quantifizierung der N-Rhizodeposition stellt.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch mit ein- und überjährig wachsenden Leguminosenarten auf einer Feldversuchsfläche der Fakultät Landbau/Landespflege der HTW Dresden in Dresden-Pillnitz soll die Höhe der N-Rhizodeposition unter Freilandbedingungen quantifiziert werden und die Ergebnisse aus den Freilanduntersuchungen einer identischen Versuchsreihe unter teilkontrollierten Bedingungen im Gewächshaus gegenübergestellt werden. Mittels split-root technique soll eine kontinuierliche Anreicherung der Leguminose mit ^{15}N erreicht werden (Schmidtke 2005), wobei im Feld die Gefäße mit einer Haube überdeckt werden, sodass kein mit ^{15}N angereicherter Stickstoff aus der Pflanze über Auswaschung aus dem Spross oder Blattfall in das Gefäß mit Boden gelangen kann (Abb. 1).

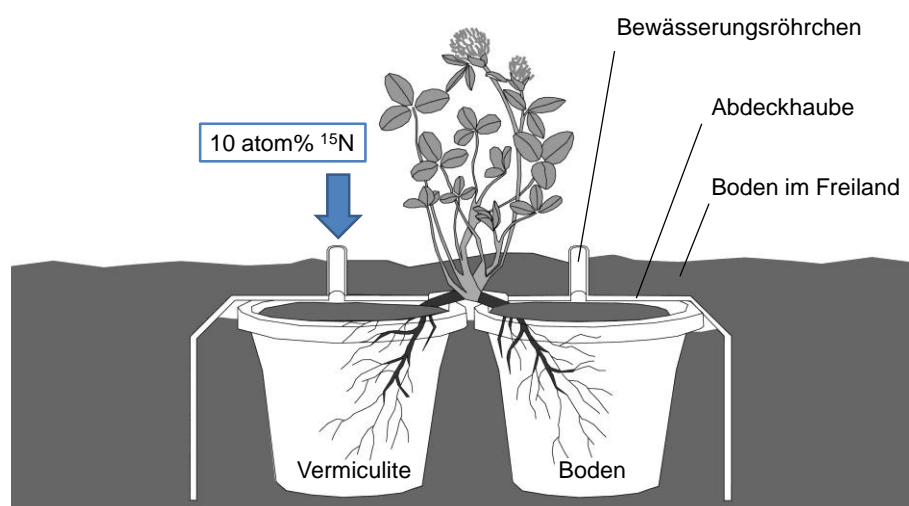


Abb. 1: Split-root technique zur Bestimmung der N-Rhizodeposition unter Verwendung einer Abdeckhaube mit separater Bewässerungsmöglichkeit für Gefäßversuche im Feld

Der Gefäßversuch unter Freilandbedingungen ist als Blockanlage mit fünf Wiederholungen unter Verwendung der in Abb. 1 dargestellten Abdeckhaube angelegt. Geprüft werden sechs Leguminosenarten: Rotklee, Weißklee, Luzerne, Persischer Klee, Erbse und Phaseolusbohne. Als Referenzfrucht wird Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) in einem Gefäß mit dem Versuchsboden ohne ein geteiltes Wurzelsystem verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Einige Freilandversuche zur N-Rhizodeposition von Leguminosen lassen darauf schließen, dass bis zu 90 % des in Spross und Wurzel aufgenommenen Stickstoffs zusätzlich über N-Rhizodeposition in den Boden abgegeben worden sein könnte (Høgh-Jensen und Schjoerring 2001). Aus den Arbeiten geht allerdings nicht hervor, ob die Bodenoberfläche unter den mit ^{15}N angereicherten Pflanzen abgedeckt wurde, sodass hier möglicherweise ^{15}N -angereicherter Stickstoff aus der Sprossmasse in den Boden gelangt und eine sehr hohe „scheinbare“ N-Rhizodeposition hervorgerufen haben könnte. Im vorliegenden Experiment soll der Einfluss einer ^{15}N -Auswaschung aus Spross und Blättern durch Niederschlagswasser sowie abgeworfene Blüten und Blätter auf die Bodenoberfläche durch Abdeckung des Bodens ausgeschlossen werden und einer nicht abgedeckten Variante gegenübergestellt werden. Mit Hilfe der Abdeckhaube können beide Versuchsgefäße mit entsprechenden Nährlösungen versorgt und eine kontinuierliche ^{15}N -Anreicherung der Wurzel gewährleistet werden. Die parallel im Gewächshaus und Feld angelegten Experimente zeigen im Mittel unterschiedliche Temperaturen in den Pflanzgefäßen unter Freiland- und Gewächshausbedingungen (Tab. 1).

Tab. 1: Temperatur des Bodens im und außerhalb des Gefäßes im Freiland- und Gewächshausversuch (14.08.2009)

Freilandversuch		Gewächshausversuch	
Gefäß	21,7°C	Gefäß	23,1°C
Feld	22,1°C	Lufttemperatur in Kabine	25,1°C

Die Temperatur in den Versuchsgefäßen im Freiland passt sich den im Versuchsfeld gegebenen Bodentemperaturen relativ gut an und die Pflanzen entwickeln sich unter nahezu natürlichen Bedingungen. Die Ergebnisse der ^{15}N -Analysen liegen bisher noch nicht vollständig vor, zeigen aber, dass mit der vorgestellten Methode eine Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Leguminosen unter Freilandbedingungen sehr gut möglich ist.

Literatur

- Høgh-Jensen H., J.K. Schjoerring 2001: Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 439-448.
- Schmidtke K. 2005: How to calculate nitrogen rhizodeposition: a case study in estimating N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous ^{15}N labelling split-root technique. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1893-1897.

Stickstoffdynamik unter Winterraps nach Klee grasumbruch im Vergleich zur Nachfrucht Winterweizen im ökologischen Landbau

Beatrice Grieb und Konstantin Becker*

Einleitung

Stickstoff (N) ist der limitierende Nährstoff für die Ertragsbildung der Kulturpflanzen. Zugleich ist er aber auch umweltrelevant, da es durch Auswaschung und volatile Verluste das Klima sowie natürliche Habitate beeinflusst. Diese Verluste stellen auch eine Reduzierung des Stickstoffes als Produktionsfaktor dar, vor allem im Ökologischen Landbau. Nach dem Anbau von Klee gras, welches im Ökologischen Landbau eine wichtige N₂-fixierende Rolle spielt, können große Mengen an N der Auswaschung unterliegen. Neben ackerbaulichen Maßnahmen ist der Entzug durch die Folgefrucht eine Möglichkeit die Verluste zu verringern (Heß et al. 1992). Der Winterraps könnte hier eine bessere N-konservierende Wirkung haben als der Winterweizen (Heß 1995), was im vorliegenden Beitrag untersucht wurde.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Winter 2008/2009 auf dem Versuchsbetrieb der Universität Gießen (Gladbacher Hof) in Hessen (Taunus) ausgeführt. Die Böden des Versuchsstandortes sind überwiegend lehmiger Schluff. Die Versuchsflächen liegen in leichter Hanglage. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt 670 mm, die jährliche Durchschnittstemperatur liegt bei 9°C. Im Untersuchungszeitraum lag die niedrigste Tagesmitteltemperatur bei -14°C.

Für die Untersuchungen wurde 2008 zweijähriges Klee gras mit Schnittnutzung entweder Ende August umgebrochen und mit Winterraps bestellt oder Mitte Oktober umgebrochen und Winterweizen angebaut. Der Anbau von Raps erfolgte mit einem Reihenabstand von 24 cm, der Winterweizen wurde mit einer Reihenweite von 12 cm gesät.

Ab November wurden einmal monatlich Bodenproben mit Hilfe eines Pürckhauer Bohrstockes bis 1,5 m Tiefe genommen (4 Wiederholungen), in 5 Bodentiefen unterteilt und auf den Gehalt an löslichem Stickstoff (N_{min}) photometrisch untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die N_{min}-Gehalte in beiden Kulturen sind im Vergleich zu vorherigen Untersuchungen sehr gering (Becker 2009). Über Winter ist jeweils ein Anstieg des mineralischen N-Gehaltes zu beobachten, unter Raps (von 25 auf 77 kg N_{min}/ha) ist der Anstieg allerdings deutlicher als unter Weizen (von 30 auf 53 kg N_{min}/ha). Es traten signifikant höhere Werte für den Raps auf, diese konnten im November und Dezember für die Bodentiefe 90-120 cm und im Januar und Februar für die Tiefen 0-30 und 120-150 cm nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse weisen auf eine Mineralisierung über Winter hin, im Vergleich zu vorherigen Untersuchungen von Heß und Becker war der Winter 2008/2009 sehr streng und hatte lange Frostperioden. Abbau von abgefrorenen Rapsblättern über Winter fanden auch Dejoux et al. (1999). Ein Anstieg der Mineralisierung wird in verschiedenen Stellen der Literatur beschrieben (Herrmann et al. 2002, Berger et al. 1996). Die Vermutung ist also, dass es zu einem Absterben und zur Zerstörung der Blattmasse des Rapses bei extremen Frösten kommt, diese Blattmasse bei

Witzenhausen, E-Mail: grieb@gast.uni-kassel.de

*JLU Gießen, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen, E-Mail: konstantin.becker@agrар.uni-giessen.de

Tauereignissen mineralisiert wird und anschließend auswaschungsgefährdet im Boden vorliegt.

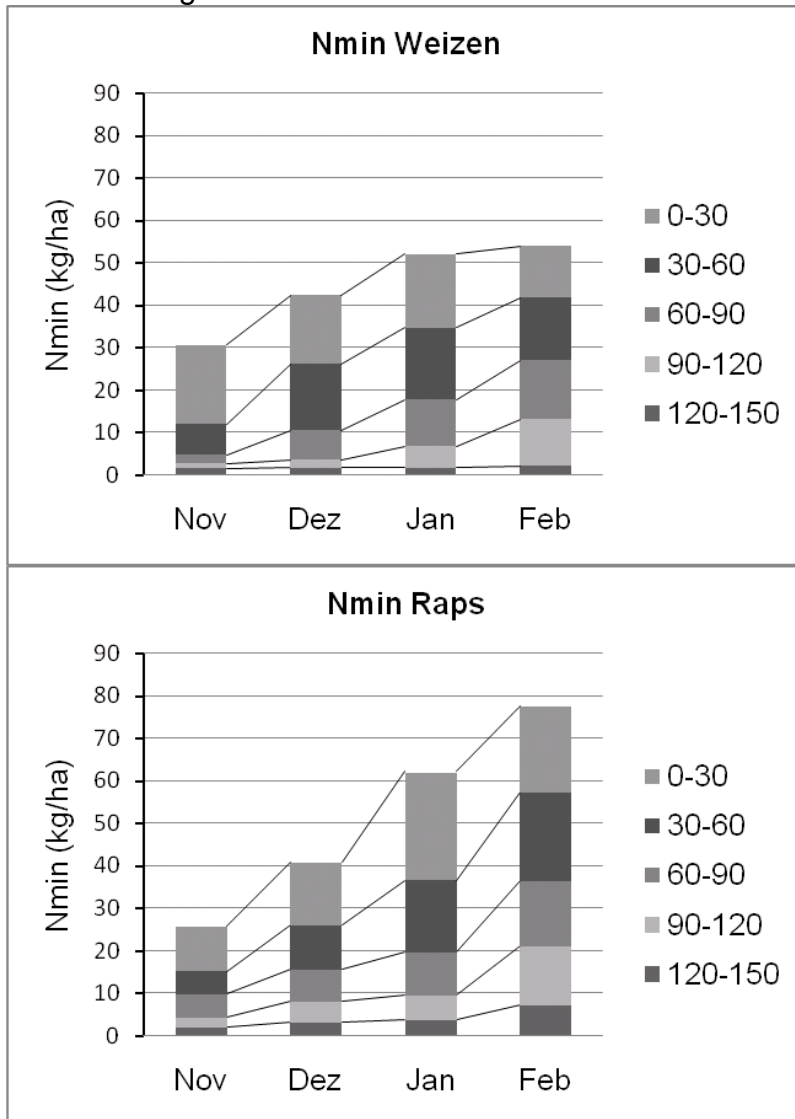


Abb. 5: N_{\min} -Gehalt im Boden unter Weizen im Zeitverlauf aufgeteilt nach Bodenstufen

Abb. 2: N_{\min} -Gehalt im Boden unter Raps im Zeitverlauf aufgeteilt nach Bodenstufen

Die Vermutung ist also, dass es zu einem Absterben und zur Zerstörung der Blattmasse des Rapses bei extremen Frösten kommt, diese Blattmasse bei Tauereignissen mineralisiert wird und anschließend auswaschungsgefährdet im Boden vorliegt.

Literatur

- Becker K., Leithold G. 2009: Winterraps in der Fruchtfolge des Ökologischen Landbaus. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009 (Poster).
- Berger G., Schmalzer K., Richter K. 1996: N-Aufnahme verschiedener Zwischenfrüchte und ihr Einfluß auf die winterliche N_{\min} -Dynamik sandiger Böden. Archives of agronomy and soil science 40: 217-229.
- Dejoux J.-F., Recous S., Meynard J.-M., Trinsoutrot I., Leterme P. 1999: The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. Plant and Soil 218: 257-272.
- Herrmann A., Witter E. 2002: Sources of C and N contributing to the flush in mineralization upon freeze-thaw cycles in soils. Soil Biology and Biochemistry 34: 1495-1505.
- Heß J., Pierr A., Schmidtke K. 1992: Grundwasserschonende Landwirtschaft durch Ökologischen Landbau? Dortmund: Wasserforschung GmbH Dortmund, Dortmunder Stadtwerke AG.
- Heß J. 1995: Residualer Stickstoff aus mehrjährigem Feldfutterbau. Optimierung seiner Nutzung durch Fruchtfolge und Anbauverfahren unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen.

Vergleichende Bewertung der N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau mittels Blatt- und Stängelsaftanalyse

Jana Franziska Dresow und Herwart Böhm

Einleitung

Für die Ertragsbildung von Kartoffeln ist die N-Versorgung von herausragender Bedeutung. Im Ökologischen Landbau erfolgt diese überwiegend indirekt über den Anbau von Leguminosen sowie ergänzend durch den Einsatz organischer Dünger pflanzlicher oder tierischer Herkunft. Eine kurzfristige Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode ist bei Anwendung dieser N-Quellen nicht möglich, dennoch ist der Einsatz von kostengünstigen Schnellmethoden zur Überprüfung der N-Versorgung im ökologischen Kartoffelbau als ergänzendes Instrument in der Beratung zur Ableitung von Anbauempfehlungen von Interesse. Im Folgenden werden Ergebnisse zweier Methoden – Stängelsaft- und Blattanalyse – vorgestellt und verglichen sowie ihre Relevanz für den Ökologischen Landbau diskutiert.

Material und Methoden

In den Jahren 2008 und 2009 wurden auf zwei ökologisch bewirtschafteten Betrieben während der Vegetationsperiode wöchentlich Stängel- und Blattproben von Kartoffeln der Sorten Nicola, Princess und Ditta entnommen. Der Anbau erfolgte dabei auf unterschiedlichen Schlägen vergleichbarer Böden (Sand – lehmiger Sand) mit unterschiedlichen Vorfrüchten. Die Probenahmen wurden stets vormittags in drei verschiedenen Feldkompartimenten pro Schlag durchgeführt, die einen Abstand von ca. 50 Metern zueinander hatten. Pro Kompartiment wurden 30 Haupttriebe von Kartoffelstauden herausgezogen, die anhaftende Erde entfernt und ein Stängelteil von 1 cm Länge am Stängelgrund abgeschnitten. Parallel wurde von den 30 gezogenen Haupttrieben das jüngste, voll entwickelte Blatt als Blattprobe genommen. Die Stängelabschnitte wurden bis zur weiteren Analyse eingefroren, die Blätter für drei Tage im Trockenschrank bei 60°C getrocknet und anschließend bei Raumtemperatur gelagert. Die Nitratgehalte in den Stängeln wurden mit der von Nitsch (2003) für den konventionellen Kartoffelanbau entwickelten Stängelsaftanalyse mittels Nitratecheck-Reflektometer untersucht. Zur Stickstoffbestimmung der Blätter wurden diese mit einem 1 mm-Sieb vermahlen und mittels CNS-Elementar-Analyser analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse beider Versuchsjahre zeigen, dass im Verlauf der Vegetationsperiode sowohl die Nitratgehalte im Stängelsaft als auch die Stickstoffgehalte in den Blättern abnahmen. Dabei ist die Abnahme der NO_3 -Gehalte im Stängelsaft deutlich stärker ausgeprägt als die Abnahme der N_t -Gehalte in den Blättern. Betrachtet man die NO_3 -Gehalte im Stängelsaft beider Versuchsjahre und Betriebe, so findet man bei der Sorte Princess eine Abnahme von 8300 auf 100 $\text{mg l}^{-1} \text{NO}_3$, bei Nicola von 7300 auf 240 $\text{mg l}^{-1} \text{NO}_3$ und bei Ditta von 7100 auf 220 $\text{mg l}^{-1} \text{NO}_3$. Die NO_3 -Werte lagen teilweise unterhalb der in der Literatur (Nitsch 2003) angegebenen Optimalbereiche. Die N_t -Gehalte im Blatt nahmen bei der Sorte Princess von 6,6 auf 2,7 % N_t , bei Nicola von 6,6 auf 3,6 % N_t und bei Ditta von 6,4 auf 3,3 % N_t ab. Die gemessenen N_t -Gehalte in den Blättern lagen in allen Vegetationsstadien im Bereich einer ausreichenden N-Versorgung (Breuer et al. 2003). Die gemessenen Daten zeigen einen

linearen Zusammenhang zwischen den NO_3 -Gehalten im Stängelsaft und den N_t -Gehalten im Kartoffelblatt, d. h. mit steigendem N_t -Gehalt im Blatt ist auch ein höherer NO_3 -Gehalt im Stängelsaft zu verzeichnen. Über beide Versuchsjahre betrachtet wurden sortenspezifische Regressionswerte von 0,749 (Ditta), 0,629 (Nicola) und 0,546 (Princess) ermittelt (Abb. 1). Betrachtet man die Daten für beide Versuchsjahre (2008/2009) getrennt, so ergaben sich leichte Differenzen in den Korrelationen: bei Ditta (0,614/0,832), bei Nicola (0,579/0,653) und bei Princess (0,683/0,571).

Ein deutlicher Sorteneffekt ist aus diesen Daten nicht abzuleiten. Die Unterschiede im Bestimmtheitsmaß (R^2) einer Sorte in den beiden Jahren sind ausgeprägter als das Bestimmtheitsmaß der drei Sorten über zwei Jahre gemittelt. Vielmehr muss ein Einfluss von unterschiedlichen Witterungsverhältnissen als auch unter-

schiedlichen ackerbaulichen Maßnahmen auf die Korrelationswerte in Betracht gezogen werden. Bei der Bewertung des R^2 ist darüber hinaus zu beachten, dass es sich bei den N_t -Gehalten im Blatt im Vergleich zu den NO_3 -Gehalten im Stängelsaft um die physiologisch gesehen ältere Komponente handelt. Das heißt, der NO_3 -Gehalt im Stängelsaft ist der zeitnahe Indikator für die N-Versorgung der Pflanze. Nach den vorliegenden Ergebnissen scheinen sich beide Methoden zur Beschreibung der N-Versorgung von Kartoffelbeständen im Ökologischen Landbau zu eignen. Insbesondere die einfache und kostengünstigere Stängelsaftmethode ermöglicht dem Landwirt selbst, das Nachlieferungspotenzial aus der aktuellen Düngung bzw. aus dem Boden abzuschätzen. Der Beratung kann sie darüber hinaus als zusätzliches Instrument zur Ableitung von zukünftigen Anbauempfehlungen dienen. Die Blattanalyse ermöglicht neben der Bestimmung des N_t -Gehaltes auch die Analyse weiterer Elemente wie Kalium, Phosphor etc. und wird deshalb weiterhin als wichtiger Laborparameter bestehen bleiben. Weitere Untersuchungen zur N-Versorgung von Kartoffeln unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaues, insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen von ackerbaulichen Maßnahmen auf die NO_3 -Gehalte im Stängelsaft, sind notwendig.

Die Untersuchungen wurden gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL), FKZ 06OE125.

Literatur

Nitsch A. 2003: Kartoffelbau. AgriMedia, Bergen/Dumme.

Breuer J., V. König, D. Merkel, H.-W. Olf, B. Steingrobe, E. Stimpfl, A.H. Wissemeyer, W. Zorn 2003: Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. AgriMedia, Bergen/Dumme.

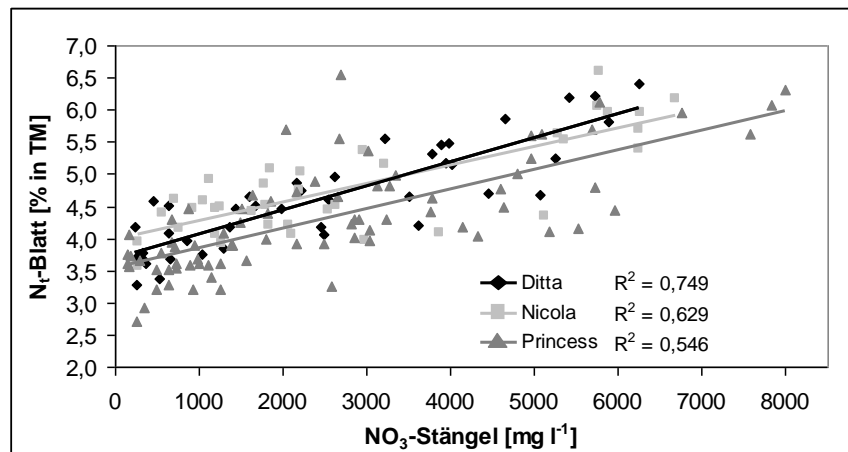


Abb. 1: Zusammenhang zwischen NO_3 -Gehalt im Stängelsaft und N_t -Gehalt im Blatt der drei Sorten Ditta, Nicola und Princess für die beiden Versuchsjahre

Entscheidungshilfe für eine ökonomische und ökologische Düngung mit Hilfe des autonomen Feldroboters „BoniRob“

Holger Gremmes*, Dieter Trautz* und Stefan Hinck**

Einleitung

Zur Ermittlung einer bedarfsgerechten Düngemenge werden z. Zt. verschiedene Ansätze für eine Optimierung verfolgt, z. B. Fernerkundung, sensor- oder applikationskartengestützte Düngung. Doch weist jedes System entsprechende Vorteile, aber auch Nachteile auf. Idealerweise liegen verrechenbare Daten zeitig vor einer geplanten Applikation vor. Erste Ansätze können vom derzeit laufenden Verbundprojekt „Autonomer Feldroboter zum einzelpflanzenbasierten Versuchswesen (BoniRob)“ abgeleitet werden.

Autonome Sensorplattform „BoniRob“

Der „BoniRob“ (Abb. 1) stellt eine autonome Plattform zur automatisierten Pflanzenbonitur dar. Ziel des laufenden Verbundprojektes ist eine vom Roboter selbstständig durchgeführte Messung von Pflanzenmerkmalen und die Erfassung der Pflanzenposition. Anhand der GPS-Daten wird ein mehrmaliges Anfahren der Position/Pflanzen und eine Wiederholung der Messung ermöglicht. Geplant sind, folgende Pflanzenmerkmale zu detektieren:

- Feuchtigkeit in der Pflanze,
- Pflanzenzahl,
- Deckungsgrad,
- Pflanzenhöhe,
- Blattflächenindex,
- Blattstellung,
- Chlorophyllgehalt,
- Biomasse,
- Abstand in der Reihe und
- Stängeldicke,
- Pflanzendichte,
- Wachstum.



Abb. 1: „BoniRob“

Die Auswertung kann sich auf ein Einzelmerkmal beziehen oder auch eine Kombination aus mehreren Merkmalen beinhalten. Durch die wiederholte Pflanzenbonitur wird es möglich werden, Unterschiede im zeitlichen Verlauf des Pflanzenwachstums darzustellen. So können Besonderheiten in der Fläche erkannt werden, z. B. Teilflächen mit unterschiedlicher Wasser- oder Nährstoffversorgung. Damit wird eine sehr umfangreiche quantitative und qualitative Datengrundlage geschaffen, welche neue Optimierungsmöglichkeiten für eine nach

haltige Pflanzenproduktion eröffnen. Dem Landwirt stehen die aktuellen Daten als Entscheidungshilfe bereits vor einer Maßnahme zur Verfügung. Weiter ist es möglich, auffällige Teilflächen in einem GIS-Programm darstellen zu lassen. Bei einer Feldbegehung können diese gezielt aufgesucht und auf Besonderheiten überprüft werden.

* Fachhochschule Osnabrück, Fachgebiet Umweltschonende Landbewirtschaftung, 49090 Osnabrück

**FARMSystem Hinck&Kielhorn, Sedanstraße 26, c/o Fachhochschule Osnabrück, 49076 Osnabrück

Applikationsbeispiel Düngung

Mit „BoniRob“ lassen sich Boniturmöglichkeiten schaffen, welche z. B. Hinweise auf unterschiedliche Nährstoffversorgungszustände geben. Da die Erfassung kontinuierlich und autonom erfolgen wird, können in naher Zukunft Bestands- bzw. Pflanzeninformationen mit hoher zeitlicher Frequenz erfasst und ausgewertet werden. Geplante Maßnahmen auf der Fläche ließen sich bereits im Vorfeld der eigentlichen Applikation nach bestimmten Kriterien optimieren, z. B. eine ökologisch und ökonomisch optimale Düngermenge (Abb. 2). Weiter könnte ein nahezu optimaler Applikationszeitpunkt anhand der „Bedürftigkeit“ des Bestands erkannt werden. Ein entsprechender Behandlungszeitpunkt kann entsprechend abgeleitet werden. Auch ließe sich vor einer Feldbegehung erkennen, welche Teilflächen gezielt aufgesucht werden sollten.

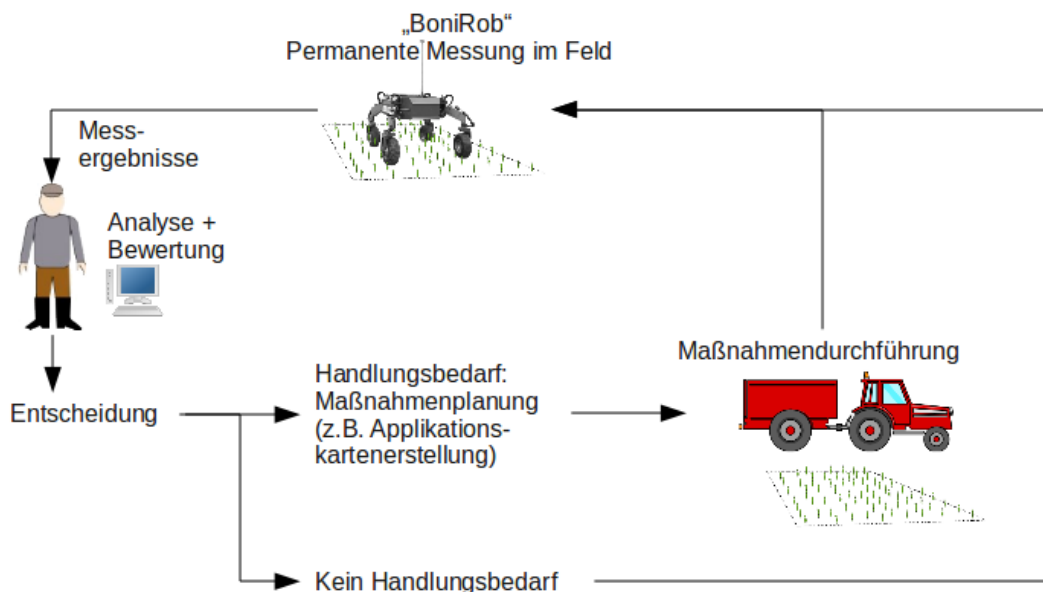


Abb. 2: Schematischer Prozessablauf der Entscheidungsfindung

Es zeigen sich weitere Ansätze für eine umfassende zielgerichtete Optimierung in der Pflanzenproduktion, welche sich in Zukunft durch den Einsatz von Bonitur-Robotern ergeben, dieses wären unter anderem eine hohe Wiederholungsrate, eine Echtzeitmessung nahe am Bestand, „flächendeckende“ Informationen. Der Vorteil eines Bonitur-Roboters in Kombination mit einem Applikationskartenansatz liegt also in der Bündelung der Vorteile eines fernerkundungs- und sensorbasierten Systems mit dem Applikationskartenansatz. Stehen die Daten zeitig vor der Applikation zur Verfügung, ist es möglich, anhand einer multidisziplinären Entscheidungsfindung in Kombination mit der Applikationskartenerstellung (z. B. teilflächenspezifische Standortbewertung unter Berücksichtigung der Ökonomie) auf entscheidende, der Pflanzenproduktion betreffende Situationen gezielt agieren zu können.

Danksagung

Das Verbundprojekt „BoniRob“ wird vom BMELV gefördert

Literatur

Ruckelshausen A., Biber P., Dorna M., Gremmes H., Kloese R., Linz A., Rahe F., Resch R., Thiel M., Trautz D., Weiss U. 2009: BoniRob – an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping, Proceedings of the 7th European Conference on Precision Agriculture, Wageningen Academic Publishers, pp. 841-847.

Einfluss der Stickstoffdüngung auf Precursoren von Acrylamid

Niels Pridzuhn, Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Das als wahrscheinlich kancerogen eingestufte Acrylamid (AA) bildet sich in kohlenhydratreichen Lebensmitteln bei der Reaktion von freiem Asparagin und reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillardreaktion (Mottram et al. 2002). Erste Maßnahmen AA zu reduzieren, fokussierten sich auf Änderungen im technologischen Herstellungsprozess. Alternativ wird versucht, die Vorstufen von AA über pflanzenbauliche Maßnahmen zu reduzieren. Bei Getreide ist das freie Asparagin die limitierende Größe, welche es zu regulieren gilt. Aus früheren Versuchen bei Winterweizen ist bekannt, dass das freie Asparagin durch eine unterschiedliche N-Düngung beeinflusst werden kann. Spätdüngemaßnahmen, die einen Anstieg des Rohprotein-gehalts bedingten, zeigten ebenso einen Effekt auf den Asparagingehalt. Somit ist davon auszugehen, dass sich eine differenzierte N-Düngung auf Acrylamidvorstufen auswirkt. Weber et al. (2008) zeigten dies erfolgreich bei der Sorte Enorm. Inwieweit sich dies auch bei anderen Winterweizensorten widerspiegelt, muss noch geprüft werden. In einem Feldversuch wurde der Einfluss von N-Düngerhöhe und die zeitliche Verteilung der Düngergaben auf das freie Asparagin und die Acrylamidbildung bei drei Winterweizensorten untersucht.

Material und Methoden

Die untersuchten Winterweizensorten Bussard (E-Weizen), Capo (E-Weizen), Naturastar (A-Weizen) stammten aus einem zweijährigen Düngeversuch (Veg.-Perioden 2006/2007 und 2007/2008) der Universität Hohenheim am Standort Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, mittlerer jährl. Niederschlag 693 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,1 °C, Bodenart: lehmiger Ton). Der Versuch war angelegt als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen. Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Düngevarianten. Nach der Ernte wurden Daten für Kornertrag, Qualitätsparameter und freies Asparagin erhoben. Die Analyse des freien Asparagins fand nach Extraktion des Mehles mittels HPLC-Fluoreszenzdetektion statt.

Tab. 1: N-Düngergaben und deren zeitliche Verteilung

Variante	Sorte	Summe N kg ha ⁻¹	Veg.Beg. kg N ha ⁻¹	EC 31/32 kg N ha ⁻¹	EC 39 kg N ha ⁻¹	EC 49/51 kg N ha ⁻¹	EC 55 kg N ha ⁻¹
Kontrolle	Bussard	-	-	-	-	-	-
N60	"	60	30	-	30	-	-
N60spät	"	60	-	30	-	30	-
N100	"	100	30	30	40	-	-
N100spät	"	100	30	-	40	30	-
N140	"	140	50	40	50	-	-
N140spät	"	140	30	30	30	50	-
N180	"	180	60	60	60	-	-
N180spät	"	180	30	40	30	40	40
Kontrolle	Naturastar	-	-	-	-	-	-
N180spät	"	180	30	40	30	40	40
Kontrolle	Capo	-	-	-	-	-	-
N180spät	"	180	30	40	30	40	40

Veg. Beg.: Vegetationsbeginn, N-Düngung mit KAS (Kalkammonsalpeter), spät: Spätdüngung

Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an freiem Asn in den Proben variierte zwischen 6,8 und 19,2 mg 100g⁻¹ TS (Abb. 1). Das Versuchsjahr hatte dabei keinen statistisch signifikanten Einfluss. Während sich die beiden Sorten Bussard und Naturastar nicht in ihrem Asparagin-gehalt voneinander unterschieden, wies die Sorte Capo den signifikant niedrigsten Gehalt an freiem Asn aller drei Sorten auf. Bei allen Sorten resultierte eine Düngergabe von 180 Kg N ha⁻¹ in einem signifikant höheren Gehalt an freiem Asn gegenüber der ungedüngten Kontrolle. Die Sorte Bussard wurde zudem mit drei weiteren, niedrigeren Düngergaben behandelt. Keine dieser Varianten unterschied sich hinsichtlich des freien Asn signifikant von der ungedüngten Kontrolle. Der Rohproteingehalt (nicht dargestellt) hingegen nahm über alle Varianten mit zunehmender Düngermenge nahezu linear zu. Gegenüber Ergebnissen von Weber et al. (2008) zur Sorte Enorm deutet dies auf eine günstige genetische Disposition der Sorte Bussard zur N-Aneignung ohne gleichzeitige Akkumulierung von freiem Asn hin. Darüber hinaus wurde bei Bussard auch die zeitliche Verteilung der Düngergabe bei gleicher Düngermenge untersucht. Bei keinem dieser vier Variantenpaare beeinflusste die Düngerverteilung das freie Asn signifikant. Hinsichtlich des Rohproteingehalts dagegen übertrafen alle Werte der spätgedüngten Varianten signifikant ihren Vergleichswert. Die Spätdüngungsvarianten resultierten durchschnittlich in einem 0,85 Prozentpunkte höheren Proteingehalt. Zusammenfassend zeigte der Versuch, dass die Sorte Bussard steigende Düngergaben bis einschließlich der Summe von 140 Kg N ha⁻¹ in Rohprotein umsetzen kann, ohne dabei freies Asn im Korn zu akkumulieren. Zudem lässt sich der Rohproteingehalt mittels einer Spätdüngung zusätzlich steigern, ohne dabei den Precursor freies Asparagin in Korngut zu erhöhen.

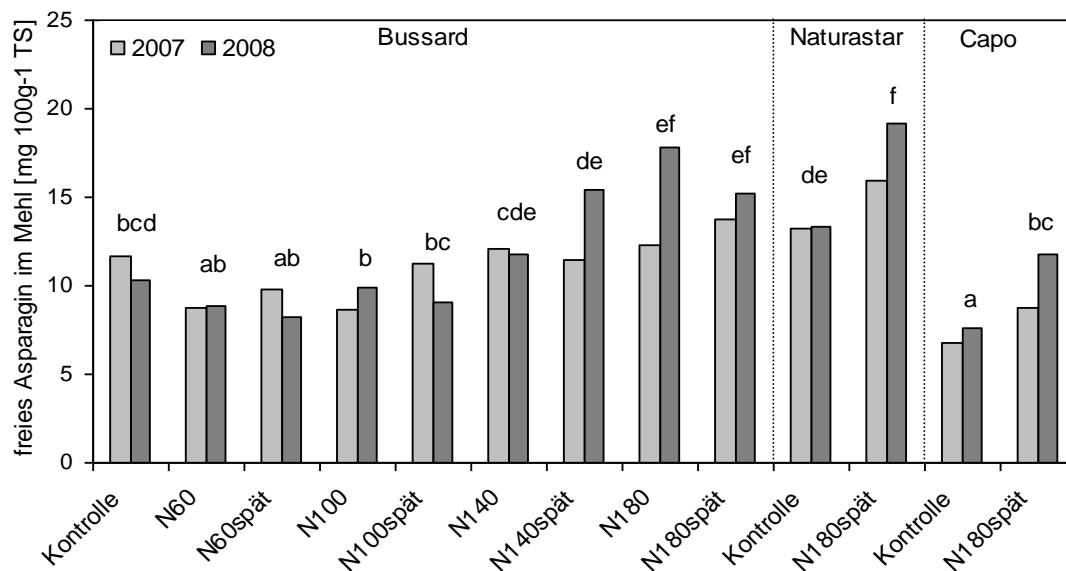


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin [mg 100g⁻¹ TS] in den Mehlproben. Die Interaktion von Jahr und Behandlung war nicht signifikant. Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha \leq 0,05$, Tukey-Test)

Literatur

- Mottram D.S., Wedzicha B.L. und Dodson A.T. 2002: Acrylamide is formed in the Maillard Reaction. *Nature* 419: 448-449.
- Weber E.A., Koller W.-D., Graeff S., Hermann W., Merkt N., Claupein W. 2008: Impact of different nitrogen fertilizers and an additional sulfur supply on grain yield, quality, and the potential of acrylamide formation in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 643-655.

Einfluss der Stickstoffdüngung im Ökolandbau auf Precursoren von Acrylamid

Niels Pridzuhn, Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Der als wahrscheinlich kancerogen geltende Stoff Acrylamid (AA) entsteht in kohlenhydratreichen Lebensmitteln bei der Reaktion der Aminosäure Asparagin (Asn) mit reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillardreaktion (Mottram et al. 2002). Bei Getreide ist das freie Asn die limitierende Größe, welche es zu regulieren gilt. Aus früheren Versuchen bei Winterweizen ist bekannt, dass das freie Asn durch eine unterschiedliche N-Düngung beeinflusst werden kann (Weber et al. 2008). Ansatz der vorliegenden Untersuchung war, den Einfluss der Stickstoffdüngung im ökologischen Landbau zu testen. Ziel war zu erforschen, inwieweit sich eine gesteigerte N-Düngung im Ökolandbau verbessernd auf die Qualität des Korns auswirkt und ob dies gekoppelt ist an die Bildung von Acrylamidvorstufen (v. a. freies Asn). Durch die Ergebnisse soll es möglich sein, die Wirkung von unterschiedlichen Vorfrüchten auf eine Acrylamidbildung abzuschätzen.

Material und Methoden

Die untersuchten Winterweizensorten Bussard (E-Weizen), Capo (E-Weizen) und Naturastar (E-Weizen) stammten aus einem zweijährigen Düngeversuch der Universität Hohenheim der Versuchsstation für ökologischen Landbau Kleinhohenheim (9°20' O, 48°74' N, 435 m über N.N.; Niederschlag Veg.periode 2006/2007: 715 mm, 2007/2008: 691 mm; Ø Temperatur Veg.periode 2006/2007: 10,6°C, 2007/2008: 8,8°C; Bodenart: Löss bis sandig toniger Lehm). Nach Vorfrucht Winterweizen wurde der Versuch in Form einer randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen durchgeführt. Alle drei Weizensorten wurden mit Gülle und Horngries als organische N-Quelle gedüngt. In Tabelle 1 ist die Verteilung angegeben. Nach der Ernte wurden Kornertrag, Qualitätsparameter und freies Asn erhoben. Die Analyse des freien Asn fand nach Extraktion des Mehles mittels HPLC-Fluoreszenzdetektion statt.

Tab. 1: N-Düngermengen und -art sowie deren zeitliche Verteilung

Variante	Sorte	Summe N kg ha ⁻¹	Veg.Beg. kg N ha ⁻¹	EC 31/32 kg N ha ⁻¹	EC 39 kg N ha ⁻¹
Kontrolle	Bussard	-	-	-	-
Gü50	"	50	50 (Gü)	-	-
Gü100	"	100	50 (Gü)	50 (Gü)	-
Gü50Hg50	"	100	50 (Gü)	-	50 (Hg)
Gü100Hg20	"	120	50 (Gü)	50 (Gü)	20 (Hg)
Hg60	"	60	30 (Hg)	-	30 (Hg)
Hg120	"	120	40 (Hg)	40 (Hg)	40 (Hg)
Hg180	"	180	60 (Hg)	60 (Hg)	60 (Hg)
Kontrolle	Naturastar	-	-	-	-
Hg180	"	180	60 (Hg)	60 (Hg)	60 (Hg)
Kontrolle	Capo	-	-	-	-
Hg180	"	180	60 (Hg)	60 (Hg)	60 (Hg)

Gü: Gülle, Hg: Horngries, Veg.Beg.: Vegetationsbeginn

Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an freiem Asn in den Proben variierte zwischen 6,4 und 19,6 mg 100 g⁻¹ TS. Im Jahr 2007 fiel der Durchschnittswert mit 11,4 mg 100g⁻¹ TS signifikant höher aus als im Folgejahr mit 8,5 mg 100g⁻¹ TS. Während die Sorte Capo im Vergleich zur Sorte Naturastar einen signifikant geringeren Gehalt an freiem Asn aufwies, fiel der Vergleich der dritten Sorte Bussard mit den beiden anderen Sorten uneinheitlich aus. Von den sieben verschiedenen Düngungsvarianten, die bei der Sorte Bussard getestet wurden, erhöhte nur die höchste Düngergabe den Gehalt an freiem Asn signifikant im Vergleich zur Kontrolle und dies nur 2007. Der Rohproteingehalt dagegen lag mit Ausnahme der Variante Gülle50 bei allen Versuchsvarianten signifikant höher als bei der Kontrolle. Insgesamt variierte er im Jahr 2007 von 9 % bis 12,6 % und lag im Jahr 2008 mit Werten zwischen 10,4 % und 13,6 % signifikant höher. Während im Jahr 2007 allein die Varianten Horn180 und Horn180-N einen Rohproteingehalt ≥ 12 % erreichten, verfehlen diesen Zielwert im Folgejahr neben den Kontrollen nur die Varianten Gülle50 und Gü50Ho50.

Die Auswertung deutet an, dass die Qualität der Weizensorten gesteigert werden konnte, wohingegen das Wert mindernde freie Asn nicht signifikant anstieg. Somit scheint es möglich, die Backqualität durch N-Düngemaßnahmen im ökologischen Landbau zu steigern, ohne die Bildung von Acrylamid zu erhöhen.

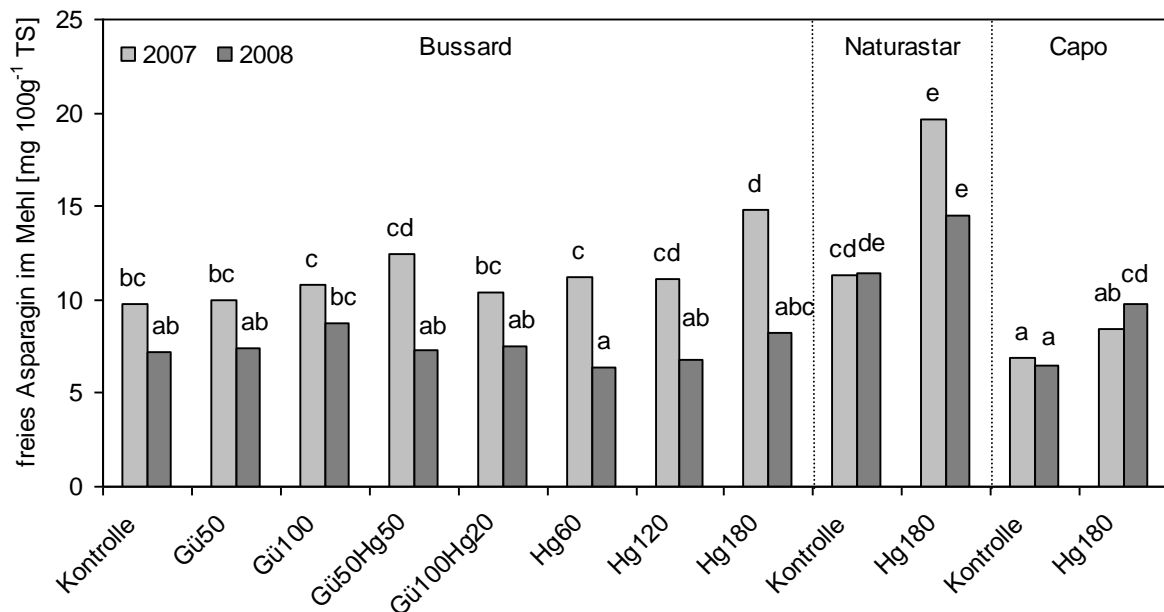


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin [mg 100g⁻¹ TS] in den Mehlproben. Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha \leq 0,05$, Tukey-Test)

Literatur

- Mottram D.S., Wedzicha B.L., Dodson A.T. 2002: Acrylamide is formed in the Maillard Reaction. *Nature* 419: 448-449.
- Weber E.A., Koller W.-D., Graeff S., Hermann W., Merkt N., Claupein W. 2008: Impact of different nitrogen fertilizers and an additional sulfur supply on grain yield, quality, and the potential of acrylamide formation in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 643-655.

Selbstfahrende Sensorplattform zur simultanen Erfassung multipler, pflanzenbaulicher Merkmale in Feldversuchen

Christoph Zecha, Johanna Link-Dolezal und Wilhelm Claupein

Einleitung

Precision Farming Technologien sind heute aus der Landwirtschaft insbesondere im universitären Forschungsbereich nicht mehr wegzudenken. Bei der Durchführung von Bodenbearbeitungs-, Aussaat- und Düngemaßnahmen sind diese anwenderfreundlich umgesetzt und gut in bestehende Systeme integriert, sei dies im Schlepper oder dem Anbaugerät.

Sensoren zur Erfassung pflanzenbaulicher Merkmale hingegen, mit deren Daten Rückschlüsse auf Versorgungsgrad mit Nährstoffen, Stress oder Krankheiten der Pflanzen gezogen werden können, sind weit weniger verbreitet. Das beruht nicht zuletzt auch auf den höheren, technischen Anforderungen für den Anwender sowie des Post-Datenmanagements zur Analyse und Umsetzung der Daten.

Ziel der Untersuchung ist, sowohl auf dem Markt etablierte Sensoren, wie zum Beispiel den Yara N-Sensor, als auch neue analytische Sensoren für den einfachen, praktikablen Feldeinsatz zu testen und zu evaluieren.

Material und Methoden

Im Rahmen des durch die *Carl-Zeiss-Stiftung* geförderten Projektes *SenGIS – Kompetenzzentrum für Sensoren und Geoinformationssysteme* der Universität Hohenheim, Stuttgart werden unterschiedliche Sensoren aus den angesprochenen Bereichen auf der selbstfahrenden Plattform *Sensicle* integriert. Die ermittelten Sensordaten werden durch Georeferenzierung mit einer absoluten Genauigkeit von $\pm 2,5$ cm durch Real Time Kinematik (RTK) dem gemessenen Standort exakt zugeordnet.

Erste Messungen wurden auf der 11 ha großen Versuchsfläche „Lammwirt“ der Versuchsstation „Ihinger Hof“ (N 48° 44' 42" E 8° 55' 27") durchgeführt. Besagter Schlag, auf dem im Dezember 2009 Winterweizen *Toras* (*Triticum aestivum* L.) ausgesät wurde, ist virtuell in ein 36 x 36 m Raster unterteilt worden. Innerhalb jedes Rasters werden zwei unterschiedliche Stickstoffapplikationsraten untersucht. Zum einen wird als Kontrolle durchgehend eine 12 m breite Variante praxisüblich gedüngt; die verbleibenden 24 m werden mit 5 unterschiedlichen Düngegaben versorgt und dienen so der Evaluierung der Sensoren. Die variierenden Applikationsmengen in der 24 m breiten Parzelle variieren zwischen 60 kg und 180 kg Gesamtstickstoff pro Hektar, bei Abstufungen von 30 kg N ha⁻¹. Die erste Düngung erfolgte mit der Aussaat schlageinheitlich und betriebsüblich. Für die zweite und dritte wurde eine Stickstoff-Düngekarte erstellt, die mit RTK-Genauigkeit und einem pneumatischen Düngerstreuer umgesetzt wurde.

Im Fokus der ersten Messungen stand die Ermittlung der Stickstoffversorgung des Weizens mit dem aktiven, optischen Sensor Multiplex (Force-A, Orsay, Frankreich). Sein Messbereich erstreckt sich von etwa 300 – 900 nm (Martinon et al. 2008), womit die zu erwartende Variabilität innerhalb des Schlages durch den heterogenen Versorgungsgrad der Pflanzen zu messen und darzustellen ist. Als Referenz für die Messungen wurde der Yara N-Sensor im Fieldscan Modus hinzugezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Erste vergleichende Messungen haben gezeigt, dass es mit dem Multiplex möglich ist, den Stickstoffgehalt der Pflanzen bei der Überfahrt zu messen und diese vergleichbar mit denen des Yara N-Sensor Fieldscans sind. Detaillierte Vergleiche und die Analyse der weiteren erfassten Messwerte durch den Multiplex-Sensor sind noch durchzuführen.



Abb. 1: Selbstfahrende Sensorplattform „Sensicle“

Im Laufe des Projektes *SenGIS* werden weitere Sensoren (optisch, spektral, physikalisch) auf dem Sensicle untergebracht, um mehr Daten simultan, online erfassen zu können. Alle gewonnenen Daten werden durch Vergleiche mit etablierten Sensoren auf ihre Messgenauigkeit überprüft und miteinander in Beziehung gesetzt.

Die ermittelten Daten sowie die analysierten Ergebnisse werden später über eine servergestützte Geodatenbank für beteiligte Nutzer abrufbar und editierbar sein (Weis und Link-Dolezal 2009).

Literatur

- Martinon V., S. Lejealle, G. Masdoumier, M. Grelet, E. Besançon, M. Cheriet 2008: Real time and non destructive measurement of anthocyanins, flavonols, hydroxycinnamic acids and chlorophyll in plants, Poster, Zugriff unter <http://force-a.eu/> am 23.06.2010, Force-A, Orsay, France.
- Weis M., J. Link-Dolezal 2009: Geodatenbank, Zugriff unter <http://sengis.uni-hohenheim.de>, SenGIS - Kompetenzzentrum für Sensoren und Geoinformationssysteme, Universität Hohenheim.

Einfluss langjährig unterschiedlicher Kaliumdüngung auf Wurzelentwicklung, Wassernutzungseffizienz und ausgewählte Ertragsparameter bei Zuckerrüben auf Schwarzerde

Sebastian Damm^{*}, Bodo Hofmann^{*}, Andreas Gransee^{**} und Olaf Christen^{*}

Einleitung

Im Mitteldeutschen Trockengebiet ist die effiziente Ausnutzung des verfügbaren Bodenwassers zur Sicherung der Erträge von besonderer Bedeutung. Für eine optimale Nutzung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ist ein möglichst rasches und tiefgreifendes Erschließen des Wurzelraumes erforderlich. Nach Untersuchungen von Rutt et al. (2006) förderte auch die langjährige systematische Kaliumdüngung den Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser in der Ackerkrume. Zur Klärung der Verwertung der Bodenwasserreserven wurde deshalb in einem langjährigen Feldversuch mit stark differenzierten Bodenkaliumpgehalten die Wirkung von Kalium auf die mittlere Durchwurzelungsgeschwindigkeit, die Wassernutzungseffizienz und ausgewählte Ertragsparameter quantifiziert.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2009 auf einem im Jahr 1993 von der K+S Kali GmbH angelegten Kaliumsteigerungsversuch (Normtschernosem, Bodenart: Ut4, 22 % Ton, 70 % Schluff, C_{org} 1,55 M%, langj. Jahresniederschlag 469 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,1 °C) durchgeführt. Der Versuch ist als vollständig randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen und 5 Kaliumstufen angelegt. In die Untersuchungen wurden speziell die Düngungsstufen ohne K-Düngung (ungedüngt) und das Prüfglied mit 300 kg K_2O/ha (als Kornkali) einbezogen. Für die Untersuchung des Wurzeltiefganges fand die nichtdestruktive Minirhizothronmethode Verwendung. Dafür wurden nach dem Auflaufen der Rüben 2 m lange Acrylglasrohre schräg (ca. 45°) direkt unter die Saatzeilen in den Boden eingebracht. In den einbezogenen Kaliumdüngestufen wurden jeweils 4 Rohre eingebaut. Die Berechnung der Durchwurzelungstiefe der senkrecht auf das Beobachtungsrohr auftreffenden Rübenwurzeln wurde mit angepassten mathematischen Modellen durchgeführt. Zur Quantifizierung der Wassernutzungseffizienz der Zuckerrüben bei unterschiedlicher Kaliumversorgung erfolgten während der Vegetationsperiode Wassergehaltsmessungen. Hierfür wurde mittels einer stationären Feuchtemessanlage (FDR-Sonden) stündlich der aktuelle volumetrische Bodenfeuchtewert in 4 Bodentiefen (10 cm, 20 cm, 40 cm und 70 cm) ermittelt. Der kapillare Wasseraufstieg blieb aufgrund des in ca. 90 cm anstehenden Kalkgesteins unberücksichtigt. Unter Einbeziehung der Niederschlagsereignisse während der Vegetationsperiode konnte so die vom Rübenbestand verbrauchte Wassermenge erfasst werden. Zur Bestimmung der Biomasseentwicklung und von Qualitätsparametern fanden während der Vegetationsperiode 2 Zwischenernten statt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung der zeitabhängigen mittleren Durchwurzelungstiefe zeigt, dass die Zuckerrübenpflanzen bei langjährig unterlassener Kaliumdüngung (8,9 mg K / 100 g Boden, Versorgungsstufe B) den effektiven Wurzelraum langsamer als mit hohem

^{*} Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Betty-Heimann-Str. 5, 06099 Halle (Saale)

^{**} K+S Kali GmbH, Bertha-von-Suttner-Str. 7, 34131 Kassel

Kaliumangebot (26,1 mg K / 100 g Boden, Versorgungsstufe D) erschließen (Abb.1). Diese Unterschiede spiegeln sich in der differenzierten Pflanzenentwicklung wider.

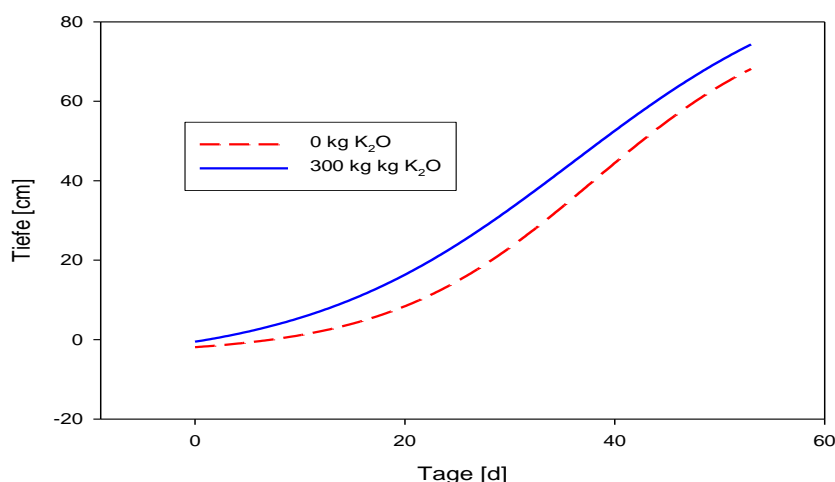


Abb.1: Einfluss differenzierter K-Düngung auf das Wurzelwachstum von Zuckerrüben

Die optimal entwickelten Rübenbestände führen nach K-Düngung zu höheren Biomasseerträgen. Diese benötigen dafür aber auch größere Wassermengen als die Pflanzen bei geringerem K-Versorgungsgrad. Auf ähnliche Ergebnisse verweisen auch Wakeel et al. (2010). Die zweite Zwischenernte ist stark durch die August-trockenheit beeinflusst. Durch das Niederschlagsdefizit waren die Verbrauchswerte bei den üppig entwickelten Rüben etwas größer als auf den ungedüngten K-Mangel-parzellen. Gemessen an der Haupternte wird jedoch das pflanzenverfügbare Bodenwasser infolge der Ertrags- und Qualitätsunterschiede insgesamt mit größerer Effizienz verwertet (Tab.1).

Tab.1: Ertragsparameter und Wassernutzungseffizienz von Zuckerrüben bei unterschiedlichen Bodenkaliumpgehalten

	16.07.2009		05.09.2009		Haupternte	
	0 kg K ₂ O	300 kg K ₂ O	0 kg K ₂ O	300 kg K ₂ O	0 kg K ₂ O	300 kg K ₂ O
Ertragsparameter						
Rübenfrischmasse [dt/ha]	163,6	187,7	278,6	256,6	542	570
TS – Rüben [dt/ha]	19,6	19,4	19,3	21,6	27,1	28,9
Zuckerertrag [dt/ha]	20,81	23,59	46,67	45,4	97,0	111,8
Wassernutzungseffizienz						
Ernteertrag [l/kg FM]	137	120	116	131	67	62
Ernteertrag [l/kg TM]	699	619	604	616	248	218
Weißzuckerertrag [l/kg]	1078	955	696	742	373	321

Literatur

- Rutt K., A. Gransee, O. Christen 2006: Long-term Effects of Potassium on Parameters of the soil Water Balance. *Advances in Geocology* 38: 181-188.
- Wakeel A., D. Steffens, S. Schubert 2010: Potassium substitution by sodium in sugar beet (*Beta vulgaris*) nutrition on K-fixing soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173: 127-134.

Einsatz von Buchenholzkoks auf landwirtschaftlichen Flächen

Simone Graeff-Hönninger, Johannes Schönherr, Lukas Rosengrün und Wilhelm Claupein

Einleitung

Terra Preta wird aktuell als adäquates Mittel diskutiert, um zu einer effizienteren Ressourcennutzung und verbesserten Umweltqualität bestehender Landnutzungssysteme beizutragen. Darüber hinaus besitzt Terra Preta das Potenzial, Kohlenstoff im Boden langfristig zu speichern und damit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. In vielen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur Terra Preta wird die Herstellung dieses äußerst fruchtbaren Bodens als Vorbild für eine nachhaltige Landnutzung einer einstigen Hochkultur im Amazonasgebiet herangezogen. In den letzten Jahren wurde daraus ein Konzept entwickelt, bei dem die Herstellung von Biochar (oder Biokohle) und deren Einbringung in den Boden eine zentrale Bedeutung einnimmt. Aktuell wird auch diskutiert, ob anfallende Produkte aus der BtL-Gewinnung, der schnellen und langsamen Pyrolyse oder der hydrothermalen Carbonisierung eine entsprechende Funktion übernehmen und damit auf landwirtschaftlichen Flächen eingesetzt werden könnten. Im Vordergrund steht das Sequestrierungspotenzial von Kohlenstoff, das durch die Einlagerung von verkohlten organischen Stoffen, wie z. B. Holzkoksen, in den Boden erreicht werden kann. Darüber hinaus zeigen mehrere Studien aus der Literatur, dass Ertragssteigerungen möglich sind (z. B. Steiner et al. 2007). Ziel der durchgeführten Untersuchungen war daher, die Auswirkung unterschiedlicher Mengen von Buchenholzkoks aus der Schnellpyrolyse auf den Ertrag von Mais und Energieampfer zu untersuchen.

Material und Methoden

In einem auf mehrere Jahre angelegten Feldversuch (Beginn 2010) auf den Versuchsflächen des Instituts für Kulturpflanzenwissenschaften der Universität Hohenheim (Goldener Acker, 407 m N.N., 8,8 °C, 700 mm) wurde die Auswirkung unterschiedlicher Mengen an Buchenholzkoksen (0, 15, 30 T), Korngröße 200 µm aus der Schnellpyrolyse auf Wachstum und Entwicklung von Mais und Energieampfer (*Rumex schavnat*) sowie einzelne selektierte Bodenparameter untersucht. Mais und der mehrjährige Energieampfer wurden Ende April/ Anfang Mai mit einer Bestandesdichte von 10 Pflanzen pro m² (Reihenweite 0,75 m) bzw. angestrebten 60-80 Pflanzen pro m² (Reihenweite 0,25 m) gesät. Vor Aussaat wurden die entsprechenden Mengen an Buchenholzkoks per Hand auf der Bodenoberfläche verteilt und anschließend mit einer Kreiselegge eingearbeitet. Die Düngung erfolgte flächeneinheitlich mit 80 kg N ha⁻¹ in Form von KAS. Pflanzenschutzmaßnahmen wurden entsprechend der guten fachlichen Praxis durchgeführt. Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden neben einzelnen Bodenparametern (Nährstoffe, pH-Wert, Bodenwassergehalt, C_t/N_t, KAK etc.) Wachstum und Entwicklung von Mais und Energieampfer bonitiert und gemessen (Wuchslänge, LAI, Trockenmasse etc.). Der Versuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage angelegt und mit der Prozedur „proc mixed“ SAS 9.1 (SAS Institute INC) statistisch verrechnet. Nach einem Test auf Varianzhomogenität und Normalverteilung folgte eine Varianzanalyse ($\alpha = 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Zusammenfassend zeigten sich in der frühen Phase des Wachstums und der Entwicklung der Mais- und Ampferpflanzen keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit der geprüften Koksauflandmengen (Abb. 1). Die gemessenen Bodenwassergehalte unterschieden sich nach achtwöchiger Versuchsdauer ebenfalls nicht zwischen den Varianten (Abb. 2).

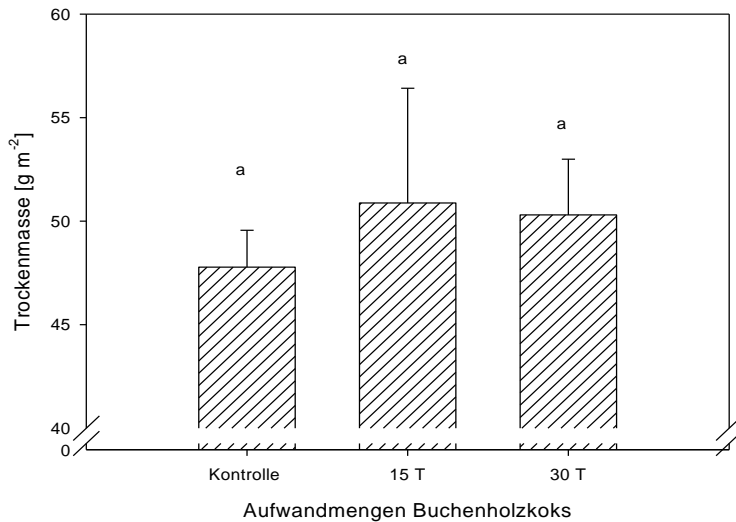


Abb. 1: Auswirkung unterschiedlicher Buchenholzkoksmengen auf die Trockenmasse bei Mais nach achtwöchiger Versuchsdauer (MW, SF, n =4)

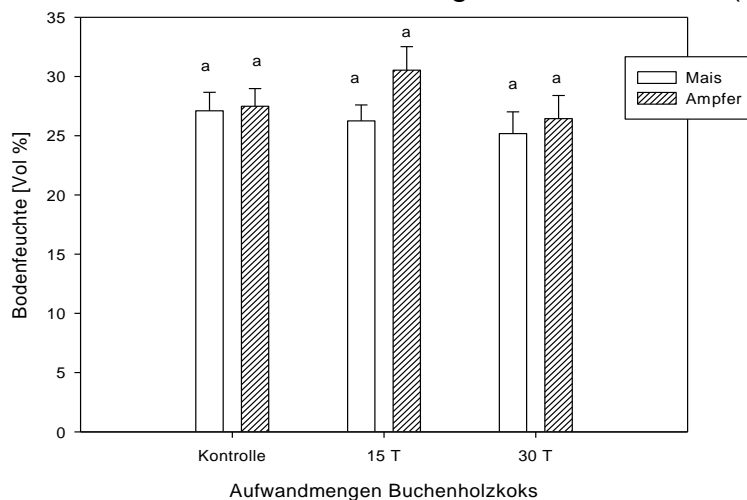


Abb. 2: Auswirkung unterschiedlicher Buchenholzkoksmengen auf die Bodenwassergehalte [Vol %] bei Mais und Ampfer nach achtwöchiger Versuchsdauer (MW, SF, n =4).

Die Ergebnisse des Versuchs zeigten damit bislang keine negativen Auswirkungen der eingearbeiteten Buchenholzkokse auf das Wachstum und die Entwicklung von Mais und Energieampfer. Eine mögliche C-Speicherung im Boden und damit die Möglichkeit, einen essentiellen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, scheint daher möglich. Weitere Messungen und Datenerhebungen stehen noch aus.

Literatur

Steiner C., Teixeira W.G., Lehmann J., Nehls T., Macedo J.L.V., Blum W.E.H., Zech W. 2007: Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275-290.

Effect of HTC-biochar on crop growth

Ana Gajić and Heinz-Josef Koch

Introduction

Through the process of hydrothermal carbonization (HTC, Titirici et al., 2007), plant biomass is converted into a carbon rich product named HTC-biochar. Very little is known about effects of HTC-biochar on soil physical, chemical, and biological properties. Comparable to pyrolytic biochar, it is hypothesized that an application of HTC-biochar as a soil conditioner can increase plant yield (Rillig et al., 2010). The properties of HTC-biochar are greatly affected by the type of material being carbonized and the process management; namely temperature, pressure, and reaction time. In order to evaluate HTC-biochar effects on soil properties and plant growth, a greenhouse pot experiment was conducted with sugar beet (*Beta vulgaris*) grown on two different soil substrates mixed with a variety of HTC-biochars.

Material and Methods

HTC-biochars were produced in a batch reactor (time fixed at 12 hours) using organic waste materials derived from the beer (draff) and sugar industry (pulp) as model feedstock. Basic chemical properties of the four HTC-biochars are given in Tab. 1. HTC-biochars were dried, fine-grained; and mixed either with pure sand or a loess topsoil from an arable field. The sand substrate was conditioned with a nutrient solution, and adjusted to pH 7 (CaCO₃). The HTC-biochar concentration was 0,44 % (w/w, dry matter), equivalent to 10 t ha⁻¹ mixed into 15 cm soil depth.

Tab. 1: Chemical properties of the HTC-biochars evaluated in this study

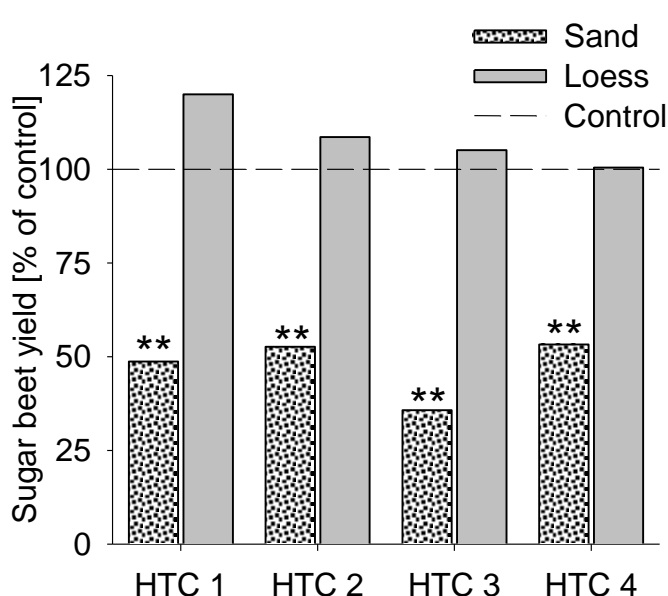
HTC-biochar	Feedstock	Temp.* [°C]	N [%]	C [%]	C/N	pH	EC** [mS cm ⁻¹]
HTC 1	beer draff	200	3,3	61,1	18,6	4,3	5,7
HTC 2	beer draff	220	3,4	53,4	15,7	4,4	7,0
HTC 3	sugar beet pulp	200	1,6	56,4	35,8	4,0	6,0
HTC 4	sugar beet pulp	220	2,2	54,8	24,4	4,2	7,4

* processing temperature; ** electrical conductivity

One kilogram pots were filled with the soil substrates and 10 seeds of sugar beet were planted in each pot and thinned to 5 plants after emergence. The control treatments received no organic additive. Every third to fourth day pots were watered up to 85 % of field capacity using de-ionized water. Above ground plant material was harvested after 4 weeks (max. 6 to 8 leaves), processed to dry matter, and analyzed for total N, P and K. Sand substrate was analyzed for plant available N, P and K (VDLUFA 1997, Ca-Acetate-Lactate (CAL) soluble P und K). The experimental design was a completely randomized block with six replications. Statistical evaluation of the data sets was performed with SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc., Germany).

Results and Discussion

On both soils, HTC-biochar addition had not effect on seedling emergence (not shown). On sand substrate, sugar beet yield was reduced up to 50 % compared to the control treatment, while on loess soil no yield reduction occurred (Fig. 1).



Differences between different types of HTC-biochars were relatively small. Severe stunting of plant growth on sand substrate occurred in the cotyledon stage and was accompanied by a necrosis of the cotyledon tips. Soil analyses revealed that HTC-biochar addition tended to increase plant available nitrogen and potassium contents (Tab. 2). Symptoms of macro-nutrient deficiency were not detectable, and contents of total N, P, and K in plants were similar between HTC-biochar treatments and the untreated control.

Fig. 1: Effect of different HTC-biochar additives to sand and loess substrate on yield of 4 weeks old sugar beet plants relative to an untreated control (One way ANOVA, ** significantly different from the untreated control at $p < 0,01$)

Tab. 2: Content of plant available nutrients in sand substrate, and total nutrients in sugar beet grown on sand substrate

Treatment	Sand substrate [$\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$]				Sugar beet [% of dm]		
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _{CAL}	K _{CAL}	N	P	K
Control	22,7	1,6	24,2	36,5	6,7	1,5	2,8
HTC 1	22,5	1,4	20,2	40,7	6,5	2,0	3,6
HTC 2	24,7	1,8	21,6	41,5	6,5	1,5	2,9
HTC 3	25,6	2,9	20,7	49,0	6,5	1,8	2,9
HTC 4	25,8	2,4	20,7	46,5	6,3	1,9	3,2

HTC-biochars used in our study were acidic; however, due to the relatively low application rate, no significant decrease of pH in the soil substrates was found (not shown). Stunted sugar beet growth on sand substrate may have been caused by toxic HTC-biochar compounds which might have been immobilized on loess substrate. In future, the complex interaction between HTC-biochars, soils, and plants needs to be elucidated in detail.

Acknowledgement

This work was funded by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (AZ 27436 - 35/0).

References

- Rillig M.C., Wagner M., Salem M., Antunes P.M., George C., Ramke H.-G., Titirici M.-M., Antonietti M. 2010: Material derived from hydrothermal carbonization: Effects on plant growth and arbuscular mycorrhiza. *Applied Soil Ecology* 45: 238-242.
- Titirici M.-M., Thomas A., Antonietti M. 2007: Back in the black: hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO₂ problem? *New Journal of Chemistry* 31: 787-789.
- VDLUFA 2002: Die Untersuchung von Boden. VDLUFA-Methodenhandbuch A 6.2.1.1.

Differenzierte Bewertung von Humusreproduktion und Humusdynamik in Ackerbausystemen

Christopher Brock und Günter Leithold

Einleitung

In einem früheren Beitrag (Brock und Leithold 2008) wurde festgestellt, dass Humusbilanzsalden die relative Bewertung des Einflusses unterschiedlicher Ackerbausysteme (oder in der Praxis: einer Bewirtschaftungsänderung) auf die Entwicklung der Humusvorräte unter sonst vergleichbaren Standortbedingungen erlauben, dabei aber keinen direkten Bezug zur tatsächlichen Entwicklung der Humusvorräte aufweisen müssen. Demgegenüber wird im aktuellen Standpunkt zur Humusbilanzierung des VDLUFA eine absolute Bewertung von Bilanzsalden mit Blick auf die Beeinflussung von Bodenleistungen vorgenommen (VDLUFA 2004). Bei negativen Bilanzsalden unterhalb eines bestimmten Grenzwertes wird hier auf die Gefahr der Bodendegradation hingewiesen, hohe Bilanzsalden werden als Ausdruck eines erhöhten Stickstoff-Verlustpotenzials interpretiert. Vor diesem Hintergrund soll mit dem vorliegenden Beitrag versucht werden, den Zusammenhang zwischen Humusreproduktion (ausgedrückt durch die Humusbilanzsalden) und der Beeinflussung von Bodenqualität (hier: Entwicklung der Humusvorräte) bzw. Umweltbelastungen (hier: N-Verlustpotenzial) anhand von Untersuchungen in Dauerfeldversuchen weiter aufzuklären.

Material und Methoden

Es wurden Humusbilanzsalden nach verschiedenen Methoden und Netto-Stickstoffsalden für 52 Parzellen in 6 Dauerfeldversuchen in Deutschland und Nachbarländern berechnet, außerdem wurde die Entwicklung der Humusvorräte (nur Ap-Horizont berücksichtigt) im Auswertungszeitraum erfasst. Als Netto-Stickstoffsalden sollen hier Salden unter Berücksichtigung der Veränderung der Humusvorräte der Böden verstanden werden. Abnahmen der Humusvorräte wurden auf der Input-Seite angerechnet, Zunahmen der Humusvorräte auf der Output-Seite. Die Umrechnung von Humusgehalten (Indikator: N_t) in kg N ha^{-1} erfolgte unter Annahme einer Trockenrohddichte der Böden von $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ bei jeweils versuchsspezifischer Bearbeitungstiefe. Die Entwicklung der Humusvorräte im Auswertungszeitraum wurde über den linearen Trend der Entwicklung der N_t -Gehalte im Oberboden näherungsweise erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 zeigt, dass ein allgemeiner Zusammenhang zwischen Humusbilanzsalden nach verschiedenen Methoden und Stickstoffsalden mit Berücksichtigung der Veränderung der Humusvorräte der Böden ebenso wenig besteht wie ein allgemeiner Zusammenhang zwischen Humusbilanzsalden und der Entwicklung der Humusvorräte. Einzige Ausnahme bildet der signifikante, dabei aber sehr schwache Zusammenhang zwischen Bilanzsalden nach HUMOD und der Entwicklung der Humusvorräte in den einbezogenen Versuchspartellen.

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten zum Zusammenhang zwischen Humusbilanzsalden nach verschiedenen Methoden und Netto-Stickstoffsalden sowie der Veränderung der Humusvorräte der Böden in Dauerfeldversuchen.

N-Parameter	Humusbilanzsalden			
	Humuseinheiten- methode nach Leithold et al. 1997	VDLUFA (2004), untere Werte	VDLUFA (2004), obere Werte	HUMOD (Brock et al. 2008)
Netto- Stickstoffsaldo	0,283	0,257	0,258	0,177
Trend N_t	0,237	0,064	0,006	0,436*

*signifikant bei $\alpha < 0,5$.

Netto-Stickstoffsalden berücksichtigen die Veränderung der Humusvorräte als In- bzw. Outputs ($n=52$). Veränderung der Humusvorräte im Auswertungszeitraum angegeben als linearer Trend der Entwicklung der N_t -Gehalte im Oberboden (Trend N_t , $n=31$).

Während eine Beziehung zwischen Humusbilanzsalden und Entwicklung der Humusvorräte unter sonst vergleichbaren Standortbedingungen jedoch nachgewiesen wurde (s. o.), ist ein entsprechender Zusammenhang bei den Stickstoffsalden nicht anzunehmen. Der Grund hierfür liegt in modelltheoretischen Überlegungen. So wird die Abnahme der Humusvorräte unter Fruchtarten/Anbausystemen im Wesentlichen mit der Inanspruchnahme von Stickstoff aus der Humusmineralisierung sowie zusätzlich mit mineralisierungsfördernden Bewirtschaftungsmaßnahmen (mechanische Eingriffe in den Boden) begründet. Demgegenüber wird der Humusaufbau durch organische Substanz unter Anwendung substratspezifischer Humifizierungsraten berechnet, die Stoffverluste bereits beinhalten. Für die Ausweisung eines Stickstoff-Verlustpotenzials sind daher wiederum die Inputs zu bewerten, nicht die resultierende Größe „Humusreproduktion“. Dies wird durch die Stickstoffbilanz vorgenommen und kann durch die Humusbilanz nicht geleistet werden.

Bei dynamischen Humusbilanzmethoden mit Ertragsbezug (HUMOD) drücken positive Bilanzsalden vielmehr ein Potenzial für höhere Erträge aus und sollten zunächst nicht negativ bewertet werden, sofern die Ergebnisse der Stickstoffbilanz akzeptabel sind. Sollten Bilanzsalden hier jedoch längerfristig stark positiv ausfallen, ist zu klären, ob methodischer Überarbeitungsbedarf vorliegt oder das Ertragspotenzial aus anderen Gründen nicht umgesetzt werden kann.

Stark negative Bilanzsalden (d. h. jenseits des zu erwartenden Methodenfehlers) sind demgegenüber auch aufgrund modelltheoretischer Überlegungen als ungünstig zu bewerten, da eine vermeidbare Degradation der Bodenqualität durch die ungenügende Rückführung organischer Substanz zu erwarten ist.

Literatur

Brock C., G. Leithold 2008: Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung der Humusreproduktion in Ackerbausystemen mit Humusbilanzmethoden. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 20(77): 9-12.
VDLUFA 2004: Standpunkt zur Humusbilanzierung. Eigenverlag VDLUFA, Speyer.

Austrag von gelösten Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen aus einem Ackerstandort unter erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen (FACE)

Andreas Pacholski*, Jan Siemens**, Katia Heiduk***, Remy Manderscheid***, Hans-Joachim Weigel*** und Henning Kage*

Einleitung

Der anthropogene Klimawandel ist hauptsächlich durch stark ansteigende atmosphärische CO₂-Konzentrationen [CO₂] geprägt, welche die Photosynthese von C3-Pflanzen, darunter viele wichtige Ackerkulturen, stimulieren. Unter Freilandbedingungen werden dadurch Gesamttrockenmassen und die Erträge um etwa 10-15 % erhöht. Eine verringerte Transpiration der Bestände unter erhöhten [CO₂] resultiert in höheren Wassergehalten in der Vegetationsperiode (Leakey et al. 2009). Außerdem werden aufgeweitete C:N-Verhältnisse in der Pflanzenbiomasse unter diesen Bedingungen beobachtet (de Graaff et al. 2006). Alle genannten Faktoren haben einen direkten Einfluss auf den Umsatz von organischen Verbindungen im Boden und damit auf potenzielle C- und N-Austräge mit dem Sickerwasser. Im letzten Versuchsjahr des Braunschweiger Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE)-Experimentes (Weigel et al. 2006) und in der unmittelbar darauf folgenden Kultur wurden C- und N-Austräge nach 6 Jahren Anbau von Ackerkulturen unter erhöhten [CO₂]-Bedingungen experimentell bestimmt. Die gemessenen Konzentrationen von C- und N-Verbindungen dienen dabei auch als Indikator für potenzielle Veränderung der Umsetzbarkeit dieser Komponenten unter zukünftigen Klimabedingungen.

Material und Methoden

In der letzten Kultur des FACE-Experimentes, Winterweizen (2005), und in der darauf folgenden Wintergerste (2006) ohne CO₂-Behandlung wurden N- und C-Verbindungen im Sickerwasser von FACE- (550 ppm CO₂)- und Kontrollparzellen (~380 ppm CO₂) mit gesinterten Glassaugkerzen in zwei Bodentiefen (0.35 und 0.9 m) entnommen. Durch eine Steuerung der Druckverhältnisse im Entnahmesystem wurde nur Wasser im Bereich tatsächlich im Boden vorliegender Wasserspannungen gesammelt. Sickerwasserproben wurden wöchentlich entnommen und Konzentrationen an C (DOC + DIC)- und N (NH₄⁺, NO₃⁻, DON)-Verbindungen wurden mit einem TOC-5050A analyser (Shimadzu, 185 Corp., Kyoto, Japan) bzw. einem continuous flow auto-analyzer (TrAacs 800, Bran-Luebbe, Hamburg, Germany) bestimmt. Sickerwassermengen wurden durch Berechnung der Entwicklung der LAI- und Trockenmassedynamik der Bestände und des Bodenwasserhaushaltes unter Berücksichtigung des Einflusses erhöhter [CO₂] auf Pflanzenentwicklung und Transpiration in der Modellumgebung HUME (Kage und Stützel 1999) ermittelt. Die Simulation der Bodenwasserdynamik wurde mit zahlreichen Wassergehaltsmessungen kalibriert. Sickerwasserausträge wurden als Produkt simulierter Sickerwassermengen und gemessener Sickerwasserkonzentrationen berechnet.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, E-mail: pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

** INRES, Abteilung Bodenwissenschaften, Universität Bonn, Nussallee 13, 53115 Bonn

*** Institut für Biodiversität, Von-Thünen-Institut, Bundesallee 40, 38116 Braunschweig

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund einer erhöhten Wassernutzungseffizienz und absolut verringerter Transpiration der Bestände unter erhöhten $[\text{CO}_2]$ wurden in beiden Versuchsjahren erhöhte Sickerwassermengen unter FACE-Bedingungen im Vergleich zur Kontrolle berechnet (Abb. 1). In den Sickerwasserkonzentrationen der C- und N-Verbindungen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden, wobei aber tendenziell unterschiedliche Konzentrationsverläufe im Jahresverlauf ermittelt wurden, was auch auf höhere Wassergehalte in der Vegetationsperiode unter erhöhten $[\text{CO}_2]$ zurückzuführen ist. Aufgrund des veränderten Bodenwasserhaushaltes unter erhöhten $[\text{CO}_2]$ wurden höhere C- und N-Austräge berechnet als unter unveränderten $[\text{CO}_2]$ (Tab. 1). Werden aus den ausgetragenen C- und N-Frachten Volumen gewichtete Konzentrationen berechnet, konnten ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Sickerwasserkonzentrationen ermittelt werden. Die Ergebnisse deuten an, dass unter erhöhten $[\text{CO}_2]$ keine Reduktion des C- und N-Umsatzes in einem typischen ackerbaulichen Nutzungssystem Norddeutschlands zu erwarten ist.

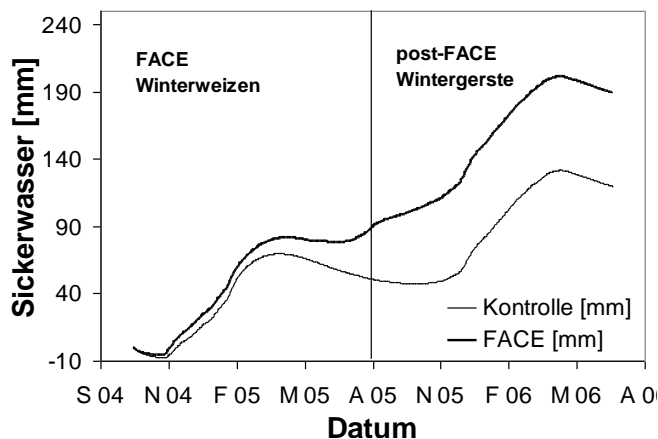


Abb. 1: Berechnete Sickerwassermengen unter den Versuchspartellen unter erhöhten $[\text{CO}_2]$ (FACE) und Umgebungsbedingungen (Kontrolle) im letzten Jahr des FACE-Versuches mit CO_2 -Fumigation (Winterweizen) und nach dessen Beendigung (post-FACE, Wintergerste)

Tab. 1: Berechnete C- und N-Sickerwasserausträge unter Winterweizen (mit CO_2 -Fumigation unter FACE) und Wintergerste (post-FACE, CO_2 -Fumigation beendet), in Klammern Spannweite der Werte in je 2 Versuchsringen

Verbindungen	Untersuchungsjahr	Kontrolle [kg N ha^{-1}]	FACE [kg N ha^{-1}]
N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{DON}$)	Winterweizen (FACE)	21 (20-21)	27 (25-30)
	Wintergerste (post FACE)	24 (20-29)	33 (26-40)
C (DOC + DIC)	Winterweizen (FACE)	22 (21-22)	24 (22-27)
	Wintergerste (post FACE)	20 (20-21)	33 (30-35)

Literatur

- De Graaff M.A., van Groenigen K.J., Six J., Hungate B., van Kessel C. 2006: Interactions between plant growth and soil nutrient cycling under elevated CO_2 : a meta-analysis. - *Global Change Biology* 12: 2077-2091.
- Kage H., Stützel H. 1999: HUME: An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems. In: Donatelli C.S.M., Villalobos F., Villar J.M. (eds.) *Modelling cropping systems*, Lleida, pp. 299–300.
- Leakey A.D.B., Ainsworth E.A., Bernacchi C.J., Rogers A., Long S.P., Ort D.R. 2009: Elevated CO_2 effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *J Exp Bot* 60(10): 2859–2876.
- Weigel H.J., Manderscheid R., Burkart S., Pacholski A., Heinemeyer O. 2006: Responses of an arable crop rotation system to elevated CO_2 . In: Nösberger J., Long S.P., Norby R.J., Stitt M., Hendrey G.R., Blum H. (eds.) *Managed Ecosystems and CO_2 - Case Studies, Processes, and Perspectives*. Ecological Studies 187, Springer, p. 122–137.

Zum Zusammenhang von Blattwasserpotenzial und stomatärer Leitfähigkeit bei Winterweizen

Dorothee Neukam, Ulf Böttcher und Henning Kage

Einleitung

Der Wasserhaushalt von Pflanzenbeständen wird im Wesentlichen determiniert vom Verdunstungsanspruch der Atmosphäre und dem Wassernachlieferungsvermögen des Bodens. In einem vorhandenen Modellansatz sollen die Berechnung der Evapotranspiration mit der Penman-Monteith-Gleichung (Monteith 1965) und die Berechnung der Wasseraufnahme aus dem Boden nach Van den Honert (1948) kombiniert werden, um unter Berücksichtigung beider Einflusskomplexe Trockenstress (aktuelle Transpiration < potenzielle Transpiration) zu quantifizieren. In den beiden Gleichungen kommen neben meteorologischen Größen einerseits und Bodenparametern andererseits die stomatäre Leitfähigkeit für Wasserdampf g_s und das Blattwasserpotenzial ψ_{Blatt} zum Tragen. Über den Zusammenhang dieser Pflanzenparameter lassen sich die beiden Prozesse koppeln.

Inwieweit dieser mehrfach in der Literatur dokumentierte Zusammenhang (Choudhury und Idso 1985) unter den humiden Bedingungen Norddeutschlands valide formuliert werden kann, soll anhand von Messdaten untersucht werden.

Material und Methoden

In der Rollhausanlage des Versuchsgutes Hohenschulen (Schleswig-Holstein) wurde 2009/10 ein Parzellenversuch (einfaktorielle Blockanlage, 4 Wiederholungen, Bewässerung ab Anfang April, Sorte Dekan) mit 3 Bewässerungsstufen angelegt: keine Bewässerung (W0), Bewässerung bis 80 % nFK in Anlehnung an die Niederschlagssumme (W1) und Bewässerung bis 100 % nFK (W100). Von Mitte Mai bis Mitte Juli wurden an 12 Terminen parallel Gaswechsellmessungen mit dem LI-6400 und Messungen des Blattwasserpotenzials mit einer Scholander-Bombe an je 4 obersten Blättern jeder Variante mehrmals über den Tag verteilt durchgeführt. Darüber hinaus wurden mikrometeorologische Messgrößen (Nettostrahlung, Luftfeuchte, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit) erfasst und wöchentlich Bodenwassergehalte mit TDR gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Exemplarisch für die zum Zeitpunkt der Abfassung dieser Kurzfassung noch laufenden Messungen sind die Verläufe der Blattwasserpotentiale (Abb. 1) und stomatären Leitfähigkeiten (Abb. 2) für den 28.06.10 dargestellt. Die ψ_{Blatt} -Verläufe zeigen für alle drei Varianten einen typischen Anstieg der Werte bis zum Mittag, wobei W0 durchweg die höchsten Werte aufweist. W1 und W2 erreichen ausgehend von unterschiedlichen Werten am Morgen dasselbe Niveau. Die Verläufe der stomatären Leitfähigkeit jedoch weisen Unterschiede auf. Während es bei W0 zu einem schnellen Abfall der Werte kommt, ist dieser bei W1 erst nach 11 Uhr zu beobachten. Die stomatäre Leitfähigkeit von W2 steigt über Mittag tendenziell sogar erst noch an.

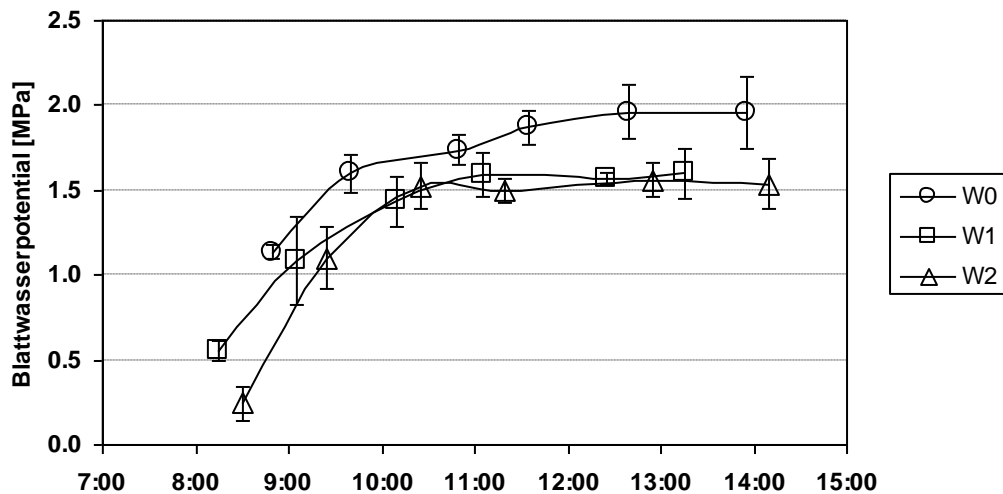


Abb. 1: Verlauf des Blattwasserpotentials in den drei Bewässerungsstufen am 28.06.10 (Mittel aus vier Blättern, Balken markieren Standardabweichung)

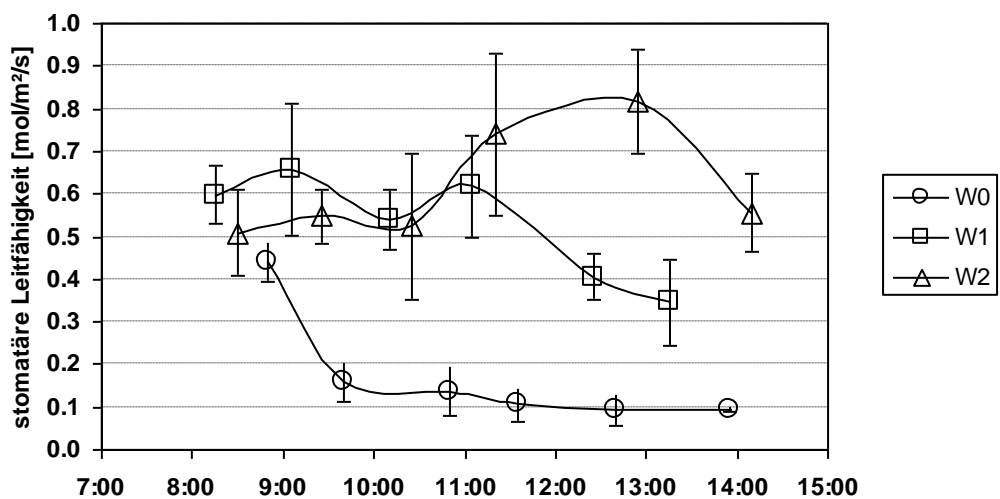


Abb. 2: Verlauf der stomatären Leitfähigkeit in den drei Bewässerungsstufen am 28.06.10 (Mittel aus vier Blättern, Balken markieren Standardabweichung)

Dies weist darauf hin, dass für die Beziehung zwischen Blattwasserpotenzial und stomatärer Leitfähigkeit g_s auch noch andere Faktoren berücksichtigt werden müssen. Es soll geprüft werden, inwieweit der Einbezug von meteorologischen Größen und Bodenwassergehalten zu einer validen Formulierung des Zusammenhangs beider Pflanzenparameter notwendig ist.

Literatur

Choudhury B.J., S.B. Idso 1985: An empirical model for stomatal resistance of field-grown wheat. *Agricultural and Forest Meteorology* 36(1): 65-82.

Monteith J.L. 1965: Evaporation and environment. *Soc. Exp. Biol. Symp.* XIX.: 205-234.

Van den Honert T.H. 1948: Water transport in plants as a catenary process. *Discussions of the Faraday society* 3: 146-53.

Ermittlung des Blattflächenindex bei Zuckerrüben mittels spektrometrischer Messmethode

J. Krieger, B. Kroschewski, V. Beuthner und F. Ellmer

Einleitung

Für hohe Erträge im Zuckerrübenanbau sind ein zügiger Bestandesschluss und ein leistungsfähiger Blattapparat die wichtigsten Voraussetzungen. Hierbei ist der Blattflächenindex (BFI) ein geeigneter Parameter zur Bewertung der Bestandesentwicklung. Spektrometrische Messverfahren ermöglichen die nichtdestruktive vegetationsbegleitende Ermittlung verschiedener Bestandesparameter. Das HandySpec Field der Firma tec5 AG ist ein portables Spektrometersystem, welches zur spektralen Messung in Pflanzenbeständen einsetzbar ist. Um das Merkmal BFI bei Zuckerrüben mit dieser Methode zu quantifizieren, wurden Vegetationsindizes (VI) überprüft bzw. neue abgeleitet.

Material und Methoden

In den Jahren 2008 und 2009 wurde auf dem Standort Berlin-Dahlem in Feldversuchen (jeweils eine Blockanlage mit vier Wiederholungen) mit verschiedenen Zuckerrübensorten und N-Stufen (0, 80, 120 kg ha⁻¹ N) die Bestandesreflektion mit dem HandySpec Field in wöchentlichen Messungen erfasst. Parallel dazu wurde die Entwicklung des BFI mit dem LAI-2000 Plant Canopy Analyzer gemessen.

Mit der Statistik-Software SAS[®] Version 9.2 wurden Makros erstellt, die der Ableitung von VI aus den aufgenommenen Spektralbändern dienen. In Anlehnung an Arbeiten von Müller et al. (2008) wurden hierbei alle zur Verfügung stehenden Wellenbänder (λ) in eine Simple-Ratio-Form ($SR = \lambda_1/\lambda_2$) bzw. Normalized-Difference-Form ($NDI = (\lambda_1 - \lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2)$) überführt. Neben diesen neu gebildeten Indizes wurden ebenfalls VI aus der Fernerkundung, wie der Red Edge Inflection Point (REIP), auf ihre Eignung zur Quantifizierung des BFI bei Zuckerrüben geprüft. Dazu wurden zwischen den einzelnen VI und den BFI-Werten lineare Regressionen erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Unter Berücksichtigung der im Jahr 2008 durchgeführten Untersuchungen wurde die Messmethodik mit dem HandySpec Field im Jahr 2009 verbessert. Bedingungen wie ein niedriger Sonnenstand, Bewölkung sowie nasse Blätter führen zu einer Veränderung des Reflektionsspektrums der Pflanzen (Seager und Ford 2002, Müller et al. 2008). Durch die Vermeidung dieser Einflussfaktoren konnten im Jahr 2009 nach vorläufigen Ergebnissen r^2 -Werte $> 0,8$ erreicht werden (Abb. 1).

Hierbei wurde mit zunehmender Blattentwicklung bis zum Bestandesschluss eine Verbesserung der Korrelation zwischen BFI und VI beobachtet. Nach Bestandesschluss verringerte sich mit zunehmender Vegetationszeit der Zusammenhang zwischen den VI und dem BFI (Abb. 2). Faktoren wie der Befall mit Blattkrankheiten und die einsetzende Seneszenz führten hierbei zu einer erhöhten Streuung der Messwerte und begrenzten die Anwendbarkeit der zu erstellenden Indizes auf bestimmte Entwicklungsstadien der Zuckerrüben. Darauf wiesen Lorenzen und Jensen (1989) hin, die für mit Mehltau (*Erysiphe graminis*) befallene Gerstenblätter eine Veränderung des Reflektionsspektrums fanden.

Insgesamt stellte sich heraus, dass die neu gebildeten Indizes zur Quantifizierung des BFI bei Zuckerrüben besser geeignet sind als die aus der Literatur bekannten. Gleiches bestätigten Müller et al. (2008) in mehrjährigen Versuchen für Raps.

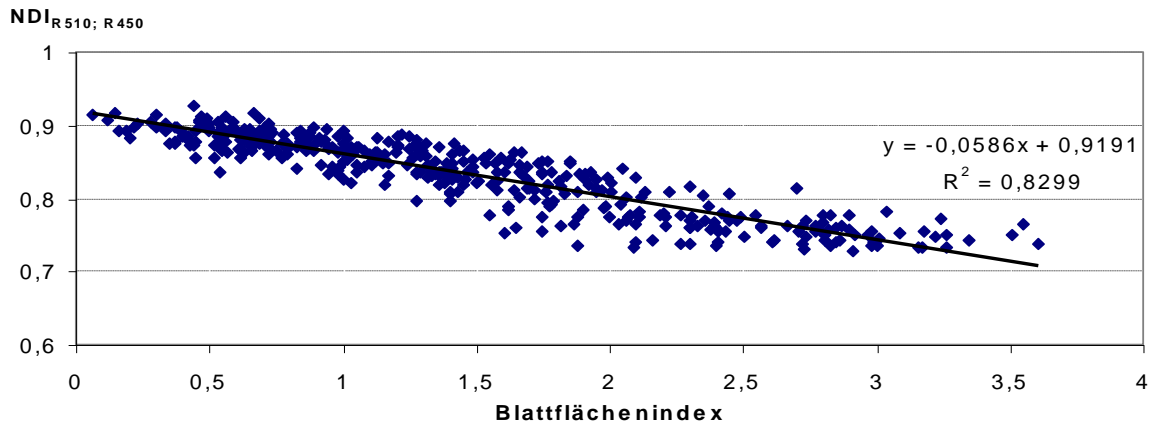


Abb. 2: Lineare Regression zwischen dem $NDI_{R_{510} \text{ nm}; R_{450} \text{ nm}}$ und dem BFI; Kalenderwochen 23 – 28 im Jahr 2009

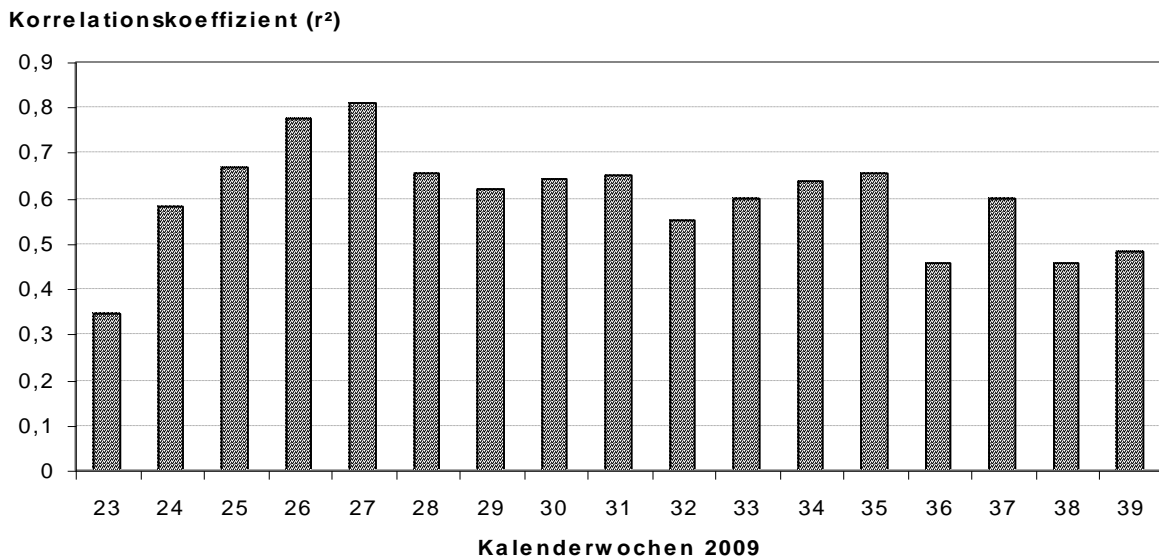


Abb. 3: Korrelationskoeffizienten der linearen Regressionen zwischen $NDI (\lambda_1 - \lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2)$ und BFI in Abhängigkeit von der Kalenderwoche

Für 2010 sind weiterführende Untersuchungen vorgesehen, mit denen die vorläufigen Ergebnisse von 2009 validiert werden sollen.

Literatur

- Lorenzen B., Jensen A. 1989: Changes in Leaf Spectral Properties Induced in Barley by Cereal Powdery Mildew. *Remote Sens. Environ.* 27: 201 - 209.
- Müller K., Böttcher U., Meyer-Schatz F., Kage H. 2008: Analysis of vegetation indices derived from hyperspectral reflection measurement for estimating crop canopy parameters of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosystems Engineering.* 101: 172–182.
- Seager S., Ford E.B. 2002: The Vegetation Red Edge Spectroscopic Feature as a surface biomarker. *Astro-ph/0212550v1:* 1-9.

Lagerfähigkeit entblätterter und geköpfter Zuckerrüben

Antje Wulkow und Christa Hoffmann

Einleitung

Zuckerrüben können entblättert oder auch geköpft geerntet werden. Nach der Ernte werden Rüben oftmals nicht gleich verarbeitet, sondern bleiben für ein oder mehrere Tage in der Miete liegen. Die Lagerung sollte so gestaltet werden, dass sich die technische Qualität der Rüben möglichst wenig ändert (Kenter et al. 2006). Zur Lagerfähigkeit geköpfter Zuckerrüben liegen umfangreiche Informationen vor, die zeigen, dass deren technische Qualität in erster Linie von der Lagerungstemperatur und -dauer abhängig ist (z. B. Pilbrow und Brown 2005, Kenter und Hoffmann 2007). Optimal geköpfte und ungeköpfte Rüben unterscheiden sich kaum in ihrer Lagerfähigkeit (Kenter et al. 2006). Jedoch führt eine Beschädigung der Rüben, die u.a. durch den Köpfschnitt bewirkt wird, zu steigenden Lagerungsverlusten (Akeson et al. 1974, Vukov 1974). Bei ungeköpften Rüben kann ein Wiederaustrieb der Blätter erfolgen, für den Zucker verbraucht wird. Ob entblätterte Rüben eine andere Lagerfähigkeit besitzen als geköpfte Rüben, ist bisher nicht bekannt, stellt aber eine wichtige Information zur umfassenden Bewertung des Erntesystems dar. Daher wurden Lagerungsversuche mit entblätterten und geköpften Zuckerrüben durchgeführt.

Material und Methoden

Zuckerrüben wurden im Oktober 2009 von Hand geerntet und trocken abgebürstet. Folgende 4 Varianten wurden erstellt: ungeköpft mit Blattresten >1 cm, entblättert, optimal geköpft, zu tief geköpft. Je 20 Rüben/Variante wurden in Kartoffelnetze (25 kg) gefüllt und in 6-facher Wiederholung eingelagert. Die Lagerung erfolgte für 5 bzw. 12 Wochen bei konstant 8°C und bei 20°C in Klimacontainern sowie bei Außentemperatur in einer Miete. Vor der Lagerung und zu jedem Auslagerungstermin wurde die Zuckermenge und der Amino-N-Gehalt mittels automatischer Serienanalytik (Venema, Groningen, NL) gemessen. Respirationsmessungen erfolgten bei Rüben der o. g. Varianten, die im November 2009 von Hand geerntet wurden. Jeweils 6 Rüben/Variante wurden verwendet (Kenter und Hoffmann 2007).

Ergebnisse und Diskussion

Die Zuckermenge verringerte sich während der Lagerung bei allen untersuchten Varianten signifikant, außer bei entblätterten Zuckerrüben, die bei Außentemperatur und bei 8 °C gelagert wurden. Grundsätzlich wurden die höchsten Verluste bei zu tief geköpften Rüben verzeichnet.

In Zuckerrüben mit Blattresten >1 cm und in entblätterten Zuckerrüben war der Amino-N-Gehalt nach der Ernte sowie während der gesamten Lagerung signifikant höher als in optimal geköpften und zu tief geköpften Zuckerrüben: Amino-N ist im Kopfgewebe höher konzentriert, weil N dort akkumuliert wird und nicht so leicht verlagerbar ist wie Saccharose.

Die tägliche Respirationsrate, die in einem separaten Versuch ermittelt wurde, war signifikant abhängig von der Lagerungstemperatur und -dauer, aber auch von der Erntequalität der Rüben (Abb. 1). Zu Beginn der Lagerung war die Respirationsrate

zuerst sehr hoch und verringerte sich dann mit fortschreitender Lagerdauer. Bei 20°C Lagerungstemperatur war nach etwa 20 Tagen wieder ein starker Anstieg der Respirationsrate zu erkennen. Dieser Anstieg ist möglicherweise auf den zunehmenden Befall mit Mikroorganismen bei hoher Lagertemperatur zurückzuführen, die zusätzlich erhebliche Mengen an Zucker veratmen. Die höchsten Zuckerverluste durch Respiration traten bei 20°C und bei zu tief geköpften Rüben und Rüben mit Blattresten >1 cm auf. Ein wesentlicher Grund dafür wird gewesen sein, dass diese Rüben extremen Schimmel- und Fäulnisbefall aufwiesen. Bei zu tief geköpften Rüben bildet die große Schnittfläche eine leichte Eintrittspforte für Mikroorganismen, während die Blattreste aufgrund der höheren Feuchte schnell anfangen zu faulen und dadurch einen Fäulnisherd bilden. Bei entblättern und optimal geköpften Zuckerrüben war die Zuckerveratmung dagegen nicht signifikant verschieden.

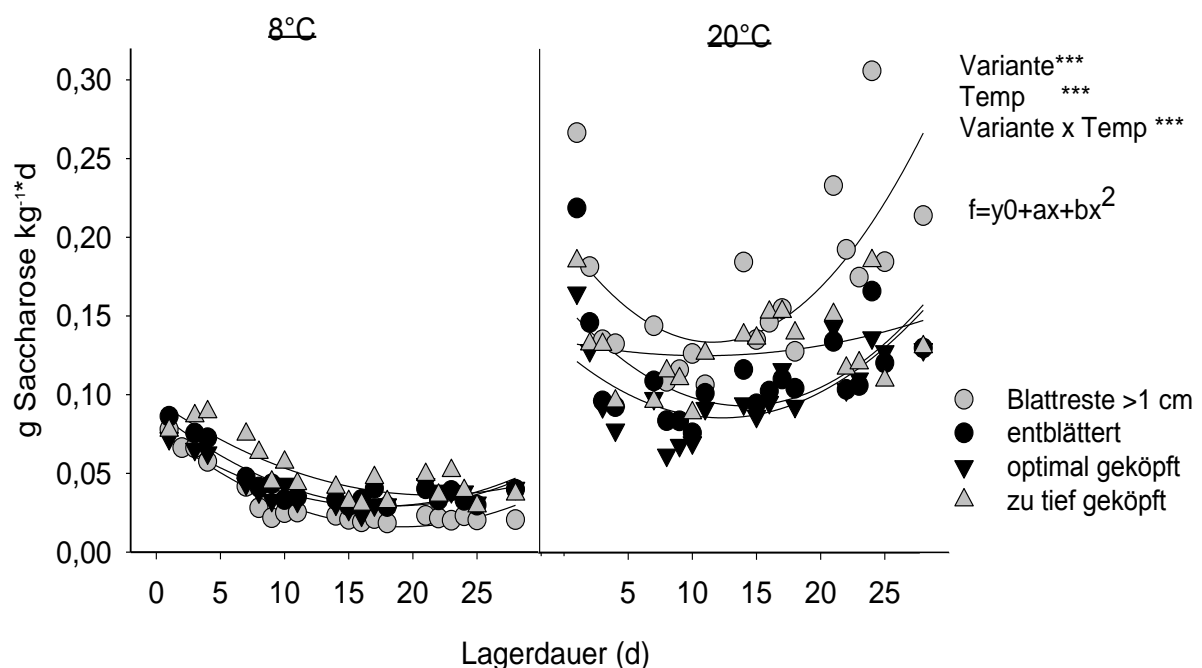


Abb. 6: Respirationsraten von Zuckerrüben mit unterschiedlichen Erntequalitäten während einer Lagerung für 28 Tage bei 8°C und bei 20°C

Literatur

- Akeson W.R., Fox S.D., Stout E.L. 1974: Effect of topping procedure on beet quality and storage losses. *Journal of the A.S.S.B.T.* 18: 125-135.
- Kenter C., Hoffmann C. 2007: Qualität und Lagerfähigkeit von Zuckerrüben bei vorgezogener Ernte. *Zuckerind.* 132: 615-621.
- Kenter C., Hoffmann C., Märländer B. 2006: Optimierung der Rohstoffqualität von Zuckerrüben durch verbessertes Lagermanagement. *Zuckerind.* 131: 706-720.
- Pilbrow J., Brown S. 2005: Update on good beet harvesting and storage practice. *British Sugar Beet review.* 73: 11-14.
- Vukov K. 1974: Wasserverlust, in Lagerung, in *Physik und Chemie der Zuckerrübe als Grundlage der Verarbeitungsverfahren.* Verlag Akademiai Kiado, Budapest.

Winterrüben – Einfluss von Standorteffekten auf die Winterhärte verschiedener Zuckerrübenhybriden

Jens Loel und Christa Hoffmann

Einleitung

Es wird erwartet, dass Winterrüben, die bereits Anfang Herbst ausgesät werden, höhere Erträge produzieren als im Frühjahr gesäte Zuckerrüben. Dafür müssen die Pflanzen Frostperioden im Winter überstehen, die bei maritimem Klima vermutlich weniger stark sind als bei kontinentalen Klimabedingungen. Es wird angenommen, dass ein erhöhter Trockensubstanzgehalt sowie eine Anreicherung an osmotisch aktiven Substanzen wie z. B. Kalium, Natrium, Amino-N und Zucker dazu beitragen, Zuckerrüben zu ermöglichen, tiefe Temperaturen im Winter zu überleben.

Material und Methoden

Es wurden Feldversuche an 3 Standorten (Göttingen, Warberg (Harzvorland), Kiel) mit 5 verschiedenen Zuckerrübenhybriden angelegt. Die Standorte repräsentieren unterschiedliche Witterungsbedingungen im Winter (kontinental, Mittelgebirgsklima, maritim). Die Aussaat fand in 6-reihigen Parzellen (21,6 m²) im August 2009 statt. Es wurden 2 Ernten vor Winter durchgeführt (Oktober, Dezember). Vor der Abschlussernte im März wurde die Überlebensrate in 2 Zählstrecken pro Parzelle (je 5 m) festgestellt. Es wurden Trockenmasseerträge, Trockensubstanzgehalte, Gehalte an osmotisch aktiven Substanzen wie Kalium, Natrium, Amino-N und Zucker bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Überlebensrate der Zuckerrüben im Winter 2009/10 gab es signifikante Standortunterschiede (Tab. 1). Während in Göttingen keine Pflanze überlebte, wurden in Kiel Überlebensraten von 97-99 % beobachtet. Am Standort Harz lagen die Überlebensraten zwischen 0 und 4 %. An keinem Standort traten signifikante Unterschiede zwischen den Hybriden auf, da die Variation innerhalb zu groß und die Variation zwischen den Hybriden zu gering war.

Tab. 1: Überlebensrate von 5 Zuckerrübenhybriden nach Winter an 3 Standorten (Göttingen, Warberg, Kiel) 2009/10, in Klammern maximale Überlebensrate

	Göttingen	Warberg	Kiel
Hybride 1	0,00%	4,0% (9,15%)	99,4% (100%)
Hybride 2	0,00%	3,2% (4,55%)	97,4% (100%)
Hybride 3	0,00%	2,4% (4,90%)	98,9% (100%)
Hybride 4	0,00%	3,3% (10,53%)	98,9% (100%)
Hybride 5	0,00%	0,00%	97,8% (100%)

Mit Ausnahme des Amino-N-Gehaltes am Standort Göttingen waren die Gehalt an K, Na und Amino-N im Dezember im Vergleich zu Oktober geringer (Tab. 2). Auch zwischen den Standorten gab es Unterschiede im Gehalt an K, Na und Amino-N. Während der Kalium- und Amino-N-Gehalt am Standort Kiel am höchsten war, wurde in Göttingen der höchste Natriumgehalt erreicht. Summiert man den Gehalt von K, Na und Amino-N, so wird deutlich, dass in Kiel zu jedem Erntetermin der Gehalt am höchsten und in Göttingen am niedrigsten war. Inwieweit der Gehalt K, Na und Amino-N Einfluss auf die Überlebensrate hat, kann nicht hinreichend beantwortet werden, da die extrem geringen bzw. hohen Überlebensraten der Zuckerrüben an

den Standorten keine Korrelation mit dem Gehalt an K, Na und Amino-N ermöglichen. Ferner kann nicht eindeutig geklärt werden, ob die unterschiedlichen Gehalte auf eine Abhärtung oder auf unterschiedliche Entwicklungsstadien der Zuckerrüben zurückzuführen sind.

Tab. 2: Gehalt an K, Na und Amino-N im Mittel von 5 Zuckerrübenhybriden an drei Standorten und 2 Ernteterminen 2009; ** signifikante Unterschiede bei $P < 0,01$; *** signifikante Unterschiede bei $P < 0,001$; n.s. = nicht signifikant; Tukey-Test

Standort	Ernte	TS Rübe (%)	TS Blatt (%)	K	Na	Amino-N	Summe
				(mmol kg ⁻¹ Rübe)			
Kiel	Okt	19,03	16,18	88,77	5,77	16,67	111,21
	Dez	20,14	16,90	74,46	3,34	13,19	90,99
Harz	Okt	17,91	19,15	84,85	8,23	14,86	107,94
	Dez	20,32	18,94	68,38	4,19	14,42	86,99
Göttingen	Okt	20,72	11,62	72,94	12,28	13,02	98,24
	Dez	23,01	14,70	55,17	4,78	15,04	74,98
Standort		***	***	***	***	***	***
Ernte		***	**	***	***	***	***
Ort x Ernte		***	**	n.s.	***	***	n.s.

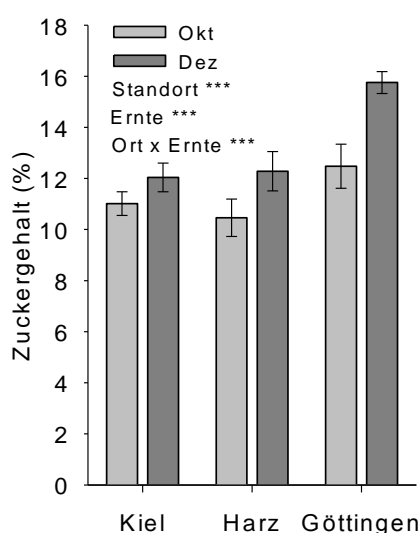


Abb. 1: Zuckergehalt an 3 Standorten zu 2 Ernteterminen (Mittel von 5 Zuckerrübenhybriden), 2009, *** signifikant bei $P < 0,001$; Tukey-Test

Der höchste Zuckergehalt wurde an beiden Ernteterminen am Standort Göttingen festgestellt (Abb.1). An allen Standorten war ein Anstieg des Zuckergehalts von Oktober bis Dezember zu beobachten. Die Konzentration an Zucker verläuft gegenläufig zur Konzentration von K, Na und Amino-N (Hoffmann 2010). Da angenommen wird, dass sowohl hohe Zuckergehalte als auch hohe Gehalte an K, Na und Amino-N die Winterhärte erhöhen, müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um zu klären, ob ein hoher Zuckergehalt oder hohe Konzentrationen an K, Na und Amino-N die Winterhärte von Zuckerrüben verbessern. Die signifikanten Unterschiede bei den Überlebensraten zwischen den Standorten und die geringen Unterschiede in der Überlebensrate zwischen den Hybriden lassen die Vermutung zu, dass der Einfluss der Witterung im extremen Winter 2009/10 auf die Überlebensrate größer war als die signifikanten Unterschiede zwischen den Hybriden (nicht dargestellt) bezüglich der potenziellen Frostschutzsubstanzen (K, Na, Amino-N, Zucker).

Dieses Projekt ist Teil des Verbundprojektes Bioenergie 2021, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Literatur

Hoffmann C. 2010: Sucrose Accumulation in Sugar Beet Under Drought Stress. J. Agron. Crop. Sci. doi:10.1111/j.1439-037X.2009.00415.x.

Sekundäre Dormanz bei Raps (*Brassica napus*) – Einfluss des Standortes

Falko Stockmann, Kirstin Frick, Albrecht Weber, Sabine Gruber und Wilhelm Claupein

Einleitung

Sekundäre Dormanz bei Raps (*Brassica napus*) ist nach wie vor ein wichtiges Thema für Praktiker und zunehmend auch für Züchter. Durch die jahrelange Überdauerungsfähigkeit im Boden schafft Durchwuchsraps immer wieder Probleme bei Folgekulturen. Nicht zuletzt birgt die Auskreuzung von blühendem Durchwuchsraps das Potenzial von Gentransfer, was hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte bei transgenem Raps stark beachtet werden muss. Verschiedenste Forschungsansätze zu Bodenbearbeitung und Genotyp haben bereits wichtige Aspekte der Dormanz bei Raps berücksichtigt (Gruber et al. 2003 und 2004). Dennoch besteht vor allem hinsichtlich der Umwelteinflüsse während der Samenreife, auch in Anbetracht von Klimaveränderungen, noch dringend Forschungsbedarf.

Durch diesen Beitrag sollen erste Ergebnisse aus einem orthogonal angelegten Versuch von zehn Rapsorten der Vegetationsperiode 2008/2009 präsentiert werden. Das Spektrum der Sortenauswahl reichte von hoher bis niedriger Dormanz. Ziel der Untersuchung war zu prüfen, inwieweit sich die Sorten in ihrer Dormanzausprägung zwischen zwei Standorten unterscheiden oder ob sie stabil sind.

Material und Methoden

Auf den Standorten Braunschweig (Julius-Kühn-Institut) und Ihinger Hof (Universität Hohenheim, Tab. 1) wurden zehn verschiedene Rapsorten (Smart, Lilian, Ladoga, Komando, Beauty, Nemax, Splendor, Express, Charly, Kompakt) auf ihre sekundäre Dormanz in einer Blockanlage mit 4 Wiederholungen getestet.

Tab. 1: Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen der Versuchsstandorte Braunschweig und Ihinger Hof im Anbauzeitraum 2008/2009

Versuchsstandort Parameter	Braunschweig (80 m ü. NN)	Ihinger Hof (460-520 m ü. NN)
Bodenart	Schluffiger Lehm (Löss)	Lehmiger Ton
Bodenzahl	80	68
Vorfrucht	Wintergerste	Winterweizen
N-Düngung	Σ: 175 kg N ha ⁻¹ (NPK & Piagran)	Σ: 230 kg N ha ⁻¹ (Piamon)

Die Aussaat von 80 Kö m⁻² erfolgte am 03.09.2008 (Ihinger Hof) und am 27.08.2008 (Braunschweig) in einem Reihenabstand von 23 cm bzw. 25 cm. Am Ende der Vegetationsperiode wurde am 29.07.2009 (Ihinger Hof) sowie am 16.07.2009 (Braunschweig) geerntet. Zum Standorteinfluss sind in Abbildung 1 die vorherrschenden Witterungsbedingungen der Vegetationsperiode 2008/2009 dargestellt.

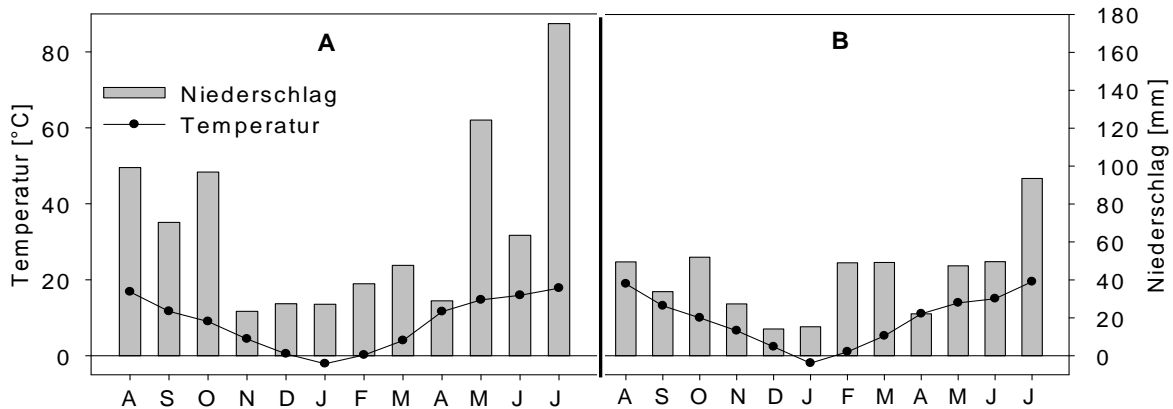


Abb. 1: Temperatur [°C, Linie] und Niederschlag [mm, Balken] der Versuchsstandorte (A) Ihinger Hof und (B) Braunschweig für das Versuchsjahr 2008/2009

Ergebnisse und Diskussion

Die sekundäre Dormanz innerhalb der Sortenauswahl variierte auf dem Standort Ihinger Hof sortenabhängig von 4 - 90 %. Verglichen mit dem Standort Braunschweig (1 - 76 %) zeigte sich im Mittel der Sorten die höhere sekundäre Dormanz auf dem Ihinger Hof (Abb. 2, A). Dies lässt darauf schließen, dass sich Umwelteinflüsse bzw. Standortbedingungen sowie die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das Dormanzpotenzial ausgewirkt hatten. Dennoch zeigte ein hoher Zusammenhang ($R^2=0,94^{***}$) des Überdauerungspotenzials beider Standorte (Abb. 2, B), dass die Sorten standortunabhängig offensichtlich gleich reagierten. Aufgrund der ähnlichen Dormanzausbildung der Sorten auf beiden Standorten kann schlussfolgernd die Selektion auf gering dormante Rapssorten sinnvoll sein.

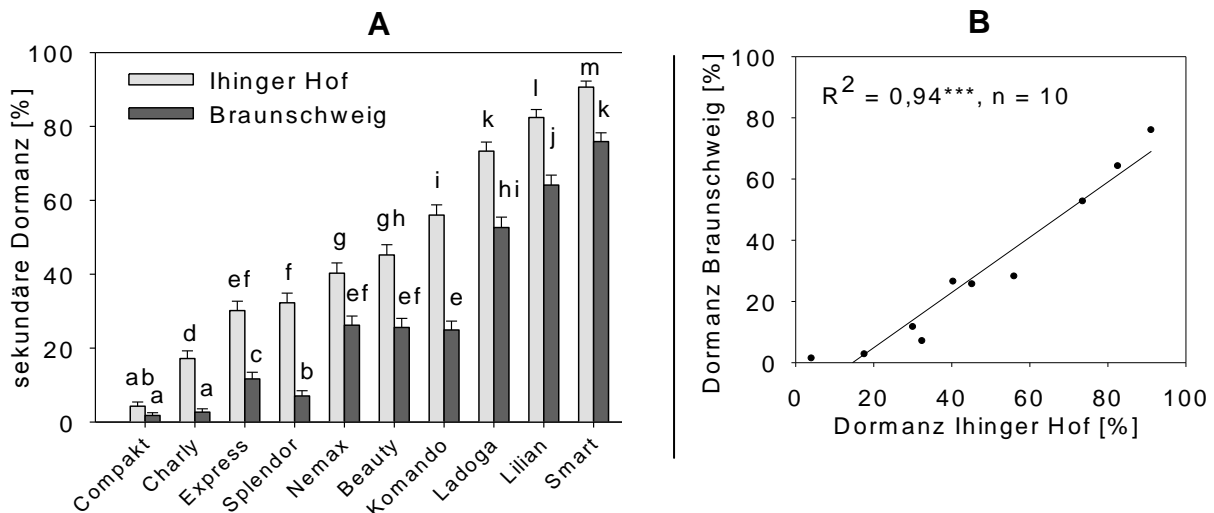


Abb. 2: (A) Sekundäre Dormanz [%] von 10 Rapssorten der Standorte Ihinger Hof und Braunschweig. Säulen mit gleichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($p \leq 0,05$). (B) Zusammenhang der sekundären Dormanz [%] für die beiden Standorte.

Literatur

- Gruber S., Pekrun C., Claupein W. 2003: Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *Europ. J. Agronomy* 20: 351-361.
 Gruber S., Pekrun C., Claupein W. 2004: Reducing oilseed rape (*Brassica napus*) volunteers by selecting genotypes with low seed persistence. *J. Plant Disease and Prot. Spec. Iss. XIX*: 151-159.

Ertragsbildung und Stickstoffaufnahme von Kichererbse (*Cicer arietinum* L.) und Körnererbse (*Pisum sativum* L.) unter pannonischen Anbaubedingungen

Reinhard W. Neugschwandtner, Daniela M. Gimplinger, Stefan Wichmann und Hans-Peter Kaul

Einleitung

Die Kichererbse zählt zu den bedeutendsten Körnerleguminosen, weltweit wurden im Jahr 2007 auf einer Fläche von rund 11,5 Millionen ha rund 9,7 Millionen Tonnen Kichererbsen geerntet. Die bedeutendste Kichererbsen-Produktion befindet sich in Indien, wo rund zwei Drittel der Weltproduktion geerntet wurden. In Europa hingegen spielt der Kichererbsenanbau aufgrund des hohen Temperaturanspruches, aber auch aufgrund des im Vergleich zu anderen Körnerleguminosen geringen Ertragspotenzials der Kichererbse eine untergeordnete Rolle (FAO 2007).

Ziel eines zweijährigen Versuches war es, die Ertragsbildung und die Stickstoffaufnahme der Kichererbse im pannonischen Klimagebiet Ostösterreichs zu bestimmen und mit jenen der Körnererbse zu vergleichen. Es stellt sich die Frage, ob sich hier in Jahren mit sehr trockener Witterung Ertragsvorteile der Kichererbse ergeben.

Material und Methoden

Ein zweijähriger Feldversuch wurde mit zwei Kichererbsengenotypen („Hirschhofer“: Handelsware, Kabuli-Typ; „Bordö“: Firma KFR, Kompolt, Ungarn, Desi-Typ) und zwei gängigen Körnererbsensorten auf der Versuchsfläche der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (Marchfeld, 546 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag, 9,8°C durchschnittliche Jahrestemperatur, Tschernosem, schluffiger Lehm) in Blockanlage mit zwei Wiederholungen durchgeführt. Als Referenzbestände zur Abschätzung der Stickstofffixierung der Leguminosen wurde Sommergetreide (Gerste und Hafer) gewählt. Der N-Gehalt im Spross wurde mittels Elementaranalysator (Leco) analysiert. Es werden hier ausschließlich die ungedüngten Varianten dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2006 traten hohe Niederschlagsmengen in den Monaten April und Mai auf, während das Jahr 2007 aufgrund fehlender Niederschläge von Ende März bis Anfang Mai und über dem langjährigen Mittel liegender Temperaturen als Trockenjahr zu bezeichnen ist.

Im ersten Versuchsjahr konnte die Körnererbse aufgrund der feuchten Bedingungen beinahe das doppelte Ertragsniveau erreichen wie die Kichererbse. Die trockenen Wachstumsbedingungen des Jahres 2007 führten zu einer starken Abnahme des Ertrags der Körnererbse und des Sommergetreides. Unter diesen trockenen Bedingungen konnte die Kichererbse höhere Körnererträge erzielen als die Körnererbse. Der Ernteindex der Kichererbse war im Jahr 2007 – anders als im Jahr davor – höher als jener der Körnererbse (Ergebnisse sind statistisch nicht abgesichert). Das kann darauf hindeuten, dass es der Kichererbse unter trockenen Bedingungen besser als der Körnererbse gelingt, Biomasse in Kornmasse umzusetzen (Tab. 1).

Tab. 1: Sprossertrag, Kornertrag und Ernteindex in den Jahren 2006 und 2007 in Abhängigkeit von der Pflanzenart (Mittelwertvergleiche (spaltenweise) nach Duncan, $n=4$, $p<0,05$)

Art	Sprossmasse (dt ha ⁻¹)		Kornertrag (dt ha ⁻¹)		Ernteindex	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Kichererbse	82 ^b	72 ^a	23 ^b	26 ^a	0,29 ^a	0,38 ^a
Körnererbse	144 ^a	80 ^a	46 ^a	21 ^a	0,32 ^a	0,28 ^a
Sommergetreide	139 ^a	55 ^a	54 ^a	22 ^a	0,39 ^a	0,40 ^a

Der Stickstoffertrag (Sprossmasse inklusive Korn) der Kichererbse lag im Jahr 2006 auf dem Niveau der Referenzpflanzen (Sommergetreide) und deutlich unter dem Stickstoffertrag der Körnererbse. Der geringere Stickstoffertrag der Kichererbse in diesem Jahr im Vergleich zum Folgejahr 2007 ergibt sich aus der geringeren Sprossmasseentwicklung und den geringeren N-Gehalten im Stroh und im Korn im Jahr 2006 (Daten nicht gezeigt). Die Stickstofferträge der Kichererbse im Jahr 2007 waren mit jener der Körnererbse vergleichbar.

Die Kichererbse wies in beiden Versuchsjahren einen höheren Stickstoff-Ernteindex als die Körnererbse auf (Ergebnisse sind statistisch nicht abgesichert). Der Proteingehalt im Korn der Kichererbse lag in beiden Versuchsjahren unter jenem der Körnererbse (Tab. 2).

Tab. 2: Stickstoffertrag in der Sprossmasse und im Korn, Stickstoff-Ernteindex und Proteingehalt des Kornes in den Jahren 2006 und 2007 in Abhängigkeit von der Pflanzenart (Mittelwertvergleiche (spaltenweise) nach Duncan, $n=4$, $p<0,05$)

	Stickstoffertrag (Spross) (kg ha ⁻¹)		Stickstoffertrag (Korn) (kg ha ⁻¹)		Stickstoff- Ernteindex		Proteingehalt im Korn (%)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Kichererbse	116 ^b	157 ^{ab}	78 ^b	91 ^a	0,65 ^a	0,61 ^a	20,0 ^a	21,7 ^b
Körnererbse	299 ^a	221 ^a	173 ^a	84 ^a	0,58 ^a	0,42 ^a	23,5 ^a	24,6 ^a
Sommergetreide	122 ^b	98 ^b	86 ^b	53 ^b	0,71 ^a	0,53 ^a	9,9 ^b	15,0 ^c

Der zweijährige Vergleich der Kichererbse mit der Körnererbse im östlichen semi-ariden Ackerbauggebiet Österreichs zeigt, dass die Kichererbse unter feuchten Bedingungen deutlich der Körnererbse hinsichtlich Korn- und Sprossmasseertrag sowie Stickstoffertrag unterlegen ist. Bei ausgeprägter Frühjahrstrockenheit gelingt es der Kichererbse jedoch, das Ertragsniveau der Körnererbse zu erreichen.

Literatur

FAO 2007: FAOSTAT - FAO statistical database, <http://faostat.fao.org/>.

Gimplinger D.M., Wichmann S., Wagentristsl H., Kaul H.-P. 2009: Trockenmassebildung und Kornertrag von Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.) im Vergleich zu Körnererbsen (*Pisum sativum* L.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 21: 187-188.

Wichmann S., Farzaneh M., Kaul H.-P. 2007: Yield Performance and N Accumulation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) compared to Peas (*Pisum sativum* L.) in Eastern Austria, In: Plant Nutrition and Its Prospects, 5-6 September 2007, Brno, Czech Republic, p. 119-121.

Stickstoffaufnahme und Nutzung von Kartoffeln und ihre Bedeutung für die Eignung von Sorten im Ökologischen Landbau

Thorsten Haase*, Hannes Schulz, Eberhard Kölsch und Jürgen Hess**

Einleitung

Als hauptsächlich den Ertrag begrenzende Faktoren im ökologischen Kartoffelanbau gelten die limitierte Verfügbarkeit von Stickstoff (N) und das Auftreten der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). Eine Möglichkeit für ökologisch wirtschaftende Betriebe, hohe Knollenerträge zu erzielen, stellt die Sortenwahl dar: Das Vermögen, sich den limitiert verfügbaren Stickstoff anzueignen und in Ertrag umzuwandeln, ist eine Eigenschaft, die abhängig von der Sorte ist. Obgleich in der Beschreibenden Sortenliste (BSA 2010) das Sortiment an Speisesorten sich bezüglich des Merkmals „Anfälligkeit für Krautfäule“ nicht so sehr voneinander unterscheidet, beobachtet man im Feld häufig einen sortenabhängigen stark differenzierten Krautfäuleverlauf. Die Menge an insgesamt aufgenommenem Stickstoff und der Anteil N, der über die Knollen exportiert wird bzw. im Kraut auf dem Feld verbleibt (N-Harvest-Index), variiert vermutlich ebenfalls genotypisch stark und sollte dann bei der Wahl der Folgefrucht berücksichtigt werden. Eine sortenabhängig hohe N-Aufnahme erlaubt ein kräftiges Krautwachstum, eine lange Blattflächendauer und damit eine gute Beschattung des Bodens und somit Unkraut unterdrückende Wirkung.

Der vorliegende Feldversuch soll unter anderem die folgenden Fragestellungen beantworten:

- Zu welchem Zeitpunkt wird der verfügbare Stickstoff von den Sorten aufgenommen und in Ertrag umgesetzt?
- Unterscheiden sich die geprüften Sorten hinsichtlich ihrer N-Nutzung?

Material und Methoden

Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel (650 mm; 8,9 °C) wird über drei Jahre (2009-2011) ein einfaktorieller Feldversuch mit vier Feldwiederholungen und einem Spektrum an 18 Sorten aus allen vier Reifegruppen durchgeführt. Der Versuch (toniger Schluff, ca. 78 Bodenpunkte) sieht neben den vierreihigen Parzellen für die Endernte (80 Stauden pro Parzelle) einreihige Parzellen (16 Stauden pro Parzelle) für insgesamt vier vorzeitige Erntetermine (60, 70, 80 und 90 Tage nach dem Legen) vor. Nitrat-N-Untersuchungen im Boden (0-30 und 30-60 cm) finden zum Auflaufen der Kartoffeln (BBCH 09 nach Hack et al. 1993) und auch jeweils zu den vier Zeiternten statt. Die N-Aufnahme und der Ertrag der Knollen (Anzahl und Masse) wird zu allen fünf Rodeterminen bestimmt und die N-Aufnahme aus der Trockenmasse und dem N-Gehalt von Kraut und Knollen errechnet. Zur Tagung werden Ergebnisse aus den ersten beiden Anbaujahren (2009 und 2010) vorgestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 belegt die Bedeutung der Sorte am Beispiel von Salome (sehr früh) und Jelly (spät) für die Verfügbarkeit von Nitrat-N im Boden (0-60 cm) während des Vegetationsverlaufes sowie die N-Aufnahme über Kraut und Knollen. Zu einem

* Universität Kassel, Hessische Staatsdomäne Frankenhäusen, 34393 Grebenstein, thaas@wiz.uni-kassel.de, www. agrar-uni-kassel.defoel

** Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37216 Witzenhausen

überraschend frühen Zeitpunkt weist Sorte Salome höhere Nitrat-N-Werte im Boden auf, die durch Unterschiede im Nitrat-Gehalt im Oberboden 0-30 cm (Daten nicht dargestellt) erklärt werden können. Über Blattverluste aufgrund Seneszenz geht der verfügbare Stickstoff wieder in den Boden-N-Pool ein. Ein Teil des früh aufgenommenen Stickstoffes wird dabei vermutlich ein weiteres Mal aufgenommen.

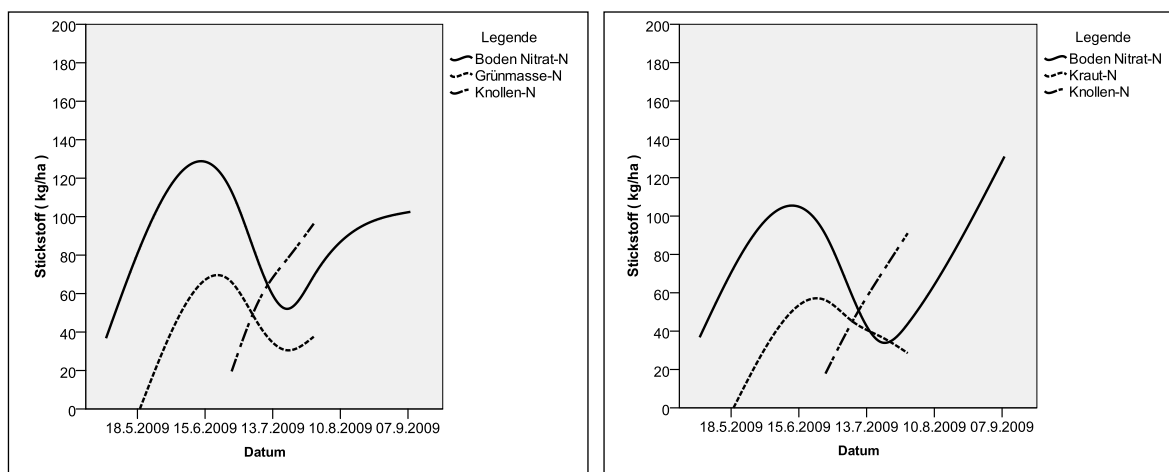


Abb. 1: Nitrat-N im Boden (0-60 cm) im Vegetationsverlauf unter den Sorten Salome (a) und Jelly (b) und deren N-Aufnahme (kg/ha) durch Kraut und Knollen

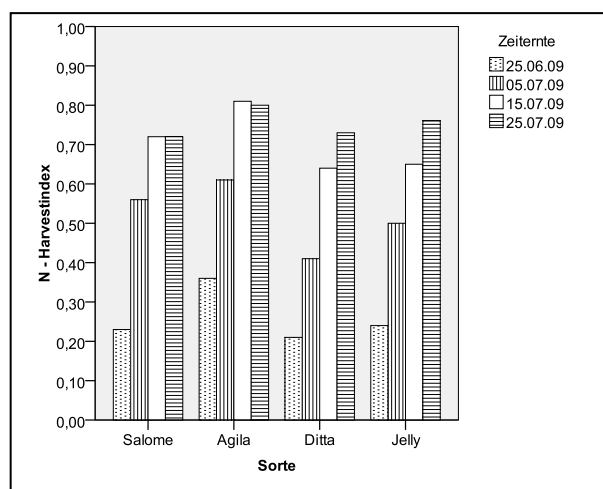


Abbildung 2 zeigt den N-Harvest-Index (NHI) der vier Referenzsorten zu vier Zeiternten und deutet den Einfluss der Reifegruppe für die Ausnutzung des Stickstoffes an. Der ab 80 Tage nach dem Legen stagnierende NHI der frühen Sorten (Salome, Agila) belegt, dass der Stickstoff früh zur Verfügung stehen muss, um in Ertrag umgesetzt zu werden, während mittelfrühe und späte Sorten (Ditta, Jelly) noch bis 90 Tage nach dem Legen die Ausnutzung des aufgenommenen Stickstoffes steigern.

Abb. 2: N-Harvest-Index der vier Referenzsorten 60, 70, 80 und 90 Tage n. d. Legen

Das Projekt wird im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (2809OE002) von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördert. Für die finanzielle Unterstützung möchten wir uns an dieser Stelle herzlich bedanken.

Literatur

Bundessortenamt 2010: Beschreibende Sortenliste Kartoffeln. BSA, Hannover.

Hack H., Gall T., Klemke R., Klose R., Meier R., Strauss, A. Witzemberger 1993: The BBCH scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). 12. Triennial Conference of the EAPR, 18. – 23. Juli 1993, Paris, p. 153-154.

Acrylamid – Einfluss des Produktionssystems bei Getreide

Benjamin Mast, Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Die als wahrscheinlich kanzerogen für den Menschen eingestufte Substanz Acrylamid (AA) bildet sich vornehmlich in stark erhitzten, stärkehaltigen Lebensmitteln, weshalb auch Produkte auf Getreidebasis betroffen sind. Im Rahmen der Maillard-Reaktion entsteht AA, während der Zubereitung des entsprechenden Lebensmittels, aus freiem Asparagin (Asn) und reduzierenden Zuckern wie Glucose und Fructose (Stadler et al. 2002), wobei Asn als der limitierende Faktor der AA-Bildung bei Getreide gilt (Weisshaar 2004). Ein möglicher Ansatzpunkt der AA-Reduktion in Lebensmitteln ist demnach in Modifikationen des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses (z. B. Reduktion der Zubereitungstemperatur und -dauer) zu sehen. Jedoch sind diesen Maßnahmen aufgrund von negativen Auswirkungen auf das Endprodukt gewisse Grenzen gesetzt. Ein weiterer Ansatz besteht darin, mit pflanzenbaulichen Maßnahmen schon bei der Erzeugung des Lebensmittelrohstoffs (Getreidekorn) durch Senkung der entsprechenden Gehalte an Vorläufersubstanzen (Asn) auf geringe AA-Gehalte im späteren Endprodukt hinzuwirken. Nach Weber (2007) können die Asn-Gehalte bei Getreide durch die Wahl der Getreideart, durch eine gezielte Sortenwahl sowie durch die Höhe der N-Düngung beeinflusst werden. Aufgrund starker Unterschiede in der Düngestrategie (N-Düngung) könnte auch die Bewirtschaftungsweise einen Einfluss auf die Asn-Gehalte, und damit auf das AA-Bildungspotential von Getreide, ausüben. Die Untersuchung eines potenziellen Einflusses des Produktionssystems (ökologisch und konventionell) war Ziel dieser Arbeit.

Material und Methoden

Als Probenmaterial standen ökologisch und konventionell produzierte Getreidearten (Weizen, Dinkel, Roggen) aus zweijährigen, randomisierten Feldversuchen (2006/2007 und 2007/2008) zur Verfügung. Versuchsstandorte waren die Versuchstation für ökologischen Landbau Kleinhohenheim (ökologisch) und die Versuchstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof (konventionell) der Universität Hohenheim.

Tab. 1: Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen beider Versuchsstandorte und -jahre.

Versuchsstandort	Ihinger Hof		Kleinhohenheim	
Bewirtschaftungsweise	konventionell		ökologisch	
Anbauzeitraum	2006/2007	2007/2008	2006/2007	2007/2008
Niederschlag Sept.- Aug.	681 mm	748 mm	843 mm	860 mm
Ø Temp. Sept.- Aug.	10,8 °C	9,1 °C	11,7 °C	9,9 °C
Bodenart	Lehm		Löss - sandig toniger Lehm	
Bodenzahl	54	70	50 - 56	50 - 56
Vorfrucht	Zuckerrübe		Ackerbohne	
Düngung	KAS (190, 195, 140, 150, 35 kg N ha ⁻¹)		Rindergülle (100 kg N ha ⁻¹)	
N _{min} (0 - 90 cm) Frühjahr	2,4 kg N ha ⁻¹	31 kg N ha ⁻¹	41,8 kg N ha ⁻¹	58,7 kg N ha ⁻¹
Saatzeitpunkt	12.10.	9.10.	19.10.	17.10.
Erntezeitpunkt	23.07.	28.07.	16./17.07.	6./7.08.

Neben dem Ertrag, Ertragskomponenten (TKM und Siebsortierung) und verschiedenen Qualitätsparametern (u. a. der Rohproteingehalt) wurden der Asn-Gehalt (HPLC-

Fluoreszenz) sowie nach Erhitzung der Mehlproben der AA-Gehalt (LC-MS-MS) bestimmt. Varianzanalysen (ANOVA) und T-Tests wurden mit Hilfe der Prozedur PROC MIXED des Programms SAS 9.1 durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Einzig für Weizen konnte im Mittel über die Weizensorten der jeweiligen Variante ein signifikanter Einfluss des Produktionssystems auf den Parameter Asn festgestellt werden (Tab. 2). Dabei wurden in beiden Jahren die höheren Werte in der konventionellen Variante ermittelt. Dies legt die Vermutung nahe, dass gerade beim Weizen die höhere Stickstoffverfügbarkeit einhergehend mit Spätdüngungsmaßnahmen im konventionellen Anbau in höhere Asn-Gehalte und damit auch in ein höheres AA-Bildungspotenzial mündet. Bei den Getreidearten Roggen und Dinkel war der Einfluss des Produktionssystems auf den mittleren Asn-Gehalt der jeweiligen Variante (Jahr*Produktionssystem) nicht vorhanden bzw. nicht einheitlich. Bei Dinkel trat in beiden Anbauzeiträumen kein signifikanter Unterschied zwischen den Produktionssystemen bezüglich des Asn-Gehaltes auf. Zudem waren auch die Asn-Gehalte am Standort Ihinger Hof im Jahresvergleich nicht signifikant verschieden. Lediglich am Standort Kleinhohenheim wirkte sich das Jahr auf die mittleren Asn-Gehalte der Dinkelsorten signifikant aus (Tab. 2). Im Hinblick auf die mittleren Asn-Gehalte der Roggensorten war dagegen im Anbauzeitraum 2007/2008 eine signifikante Differenz zwischen den beiden Produktionssystemen erkennbar, einhergehend mit deutlich höheren Gehalten in der konventionellen Variante. Im Anbauzeitraum 2006/2007 war kein signifikanter Unterschied im Asn-Gehalt zwischen beiden Produktionssystemen ersichtlich (Tab. 2). Dementsprechend konnten bei den Getreidearten Dinkel und Roggen gegenüber Weizen kein bzw. nur in Abhängigkeit vom Anbauzeitraum ein Produktionssystemeinfluss auf den Asn-Gehalt ausgemacht werden. Ein Umstand, der möglicherweise im Zusammenhang mit dem Verzicht auf Spätdüngungsmaßnahmen bei konventionell produziertem Dinkel und Roggen zu sehen ist.

Tab. 2: Mittlere Asn-Gehalte [$\text{mg } 100 \text{ g TS}^{-1}$] der Getreidearten Weizen, Dinkel und Roggen, getrennt nach Produktionssystem und Jahr. Varianten mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Getreideart unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha=0,05$, t-Test).

	Kleinhohenheim (ökologisch)		Ihinger Hof (konventionell)	
	Freies Asparagin im Mehl [$\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$]			
	2006/2007	2007/2008	2006/2007	2007/2008
Weizen	13,2 b	8,1 a	16,8 c	15,4 bc
Dinkel	12,5 b	8,9 a	10,6 ab	11,6 ab
Roggen	36,1 b	30,3 a	54,6 c	31,6 a

Literatur

- Stadler R.H., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy P.A., Robert M.C., Riediker S. 2002: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419: 449-450.
- Weber E.A. 2007: Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut. Dissertation, Universität Hohenheim.
- Weisshaar R. 2004: Acrylamid in Backwaren – Ergebnisse von Modelversuchen. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 98: 397-400.

Acrylamid – Einfluss des Standortes bei ökologisch produziertem Winterweizen

Benjamin Mast, Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Erstmals 2002 mit Lebensmitteln in Verbindung gebracht stand Acrylamid (AA) durch die Funde von Glycidamid in Pommes Frites 2009 wieder im Fokus der Öffentlichkeit. Gebildet wird AA vorwiegend in kohlenhydratreichen Lebensmitteln durch die Reaktion von freiem Asparagin (Asn) und reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillard-Reaktion (Stadler et al. 2002). Nach ersten Studien zu Reaktionswegen und Entstehungsprozess wurden schnell technologische Maßnahmen entdeckt, AA im Produkt zu senken. Dies zeigte sich in der teilweisen Reduzierung der Gehalte innerhalb der letzten 6-7 Jahre. Hohe Schwankungen der AA-Gehalte zeigten jedoch, dass insbesondere der Rohstoff einen hohen Einfluss auf die spätere AA-Bildung besitzt. Freies Asn scheint dabei eine Schlüsselrolle bei Getreide zu spielen. Einige Forschungsansätze zielten darauf ab, durch pflanzenbauliche Maßnahmen den Gehalt an freiem Asn im Rohstoff zu senken und darüber die AA-Bildung im Herstellungsprozess zu minimieren. Erfolgreich zeigte sich der Einfluss von Getreideart und Sorte sowie von Düngemaßnahmen (Weber 2007). Um letztlich Sorten auszuwählen, welche gering im Gehalt an freiem Asn sind, sollten diese auch Umwelteinflüssen gegenüber stabil sein. Ziel der Studie war die Prüfung von 19 Winterweizensorten zweier Standorte in Baden-Württemberg auf Vorstufengehalte von Acrylamid.

Material und Methoden

Als Probenmaterial dienten 19 ökologisch produzierte Winterweizensorten, welche an den Versuchsstandorten Kirchberg-Dörrmenz (Landkreis Schwäbisch Hall) und Kleinhohenheim (Versuchsstation für ökologischen Landbau der Univ. Hohenheim) produziert wurden. Neben Ertrag, Ertragskomponenten (TKM, Siebsortierung) und Qualitätsparametern (u. a. der Rohproteingehalt) wurden der Asn-Gehalt (HPLC-Fluoreszenz) sowie nach Erhitzung der Mehlproben der AA-Gehalt (LC-MS-MS) bestimmt. Abbildung 1 sowie Tabelle 1 zeigen die Standortbedingungen.

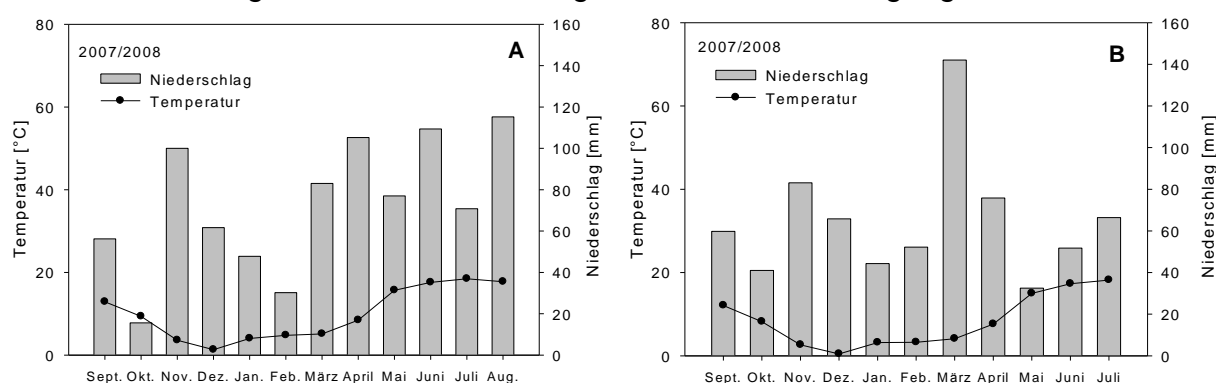


Abb. 1: Temperatur [°C, Linie] und Niederschlag [mm, Balken] der Versuchsstandorte (A) Kleinhohenheim und (B) Dörrmenz für das Versuchsjahr 2007/2008

Tab. 1: Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen der Versuchsstandorte Dörrmenz und Kleinhohenheim im Anbauzeitraum 2007/2008

Versuchsstandort	Dörrmenz (440 m ü. NN)	Kleinhohenheim (435 m ü. NN)
Bodenart	toniger Lehm	Löss – sandig toniger Lehm
Bodenzahl	45	50 - 56
Vorfrucht	Hafer (Körnernutzung)	Klee gras
Düngung	Rindergülle	-
N _{min} Frühjahr 2008	21 kg N ha ⁻¹ (0 - 90cm)	22 kg N ha ⁻¹ (0 - 60cm)

Ergebnisse und Diskussion

Die Prüfung der 19 ökologisch angebauten Weizensorten ergab in Abhängigkeit der Sorten einen teilweise starken Standorteinfluss auf den Asn-Gehalt (Abb. 1). Exemplarisch können diesbezüglich die Sorten Ataro, Karneol sowie Cassia genannt werden, deren Asn-Gehalt zwischen den Standorten bis zum Faktor 2 (Cassia) differierte. Demgegenüber zeigten sich einige Sorten durchaus stabil auf einen Standort- bzw. Umwelteinfluss (z. B. Bussard, Clivio, Pollux, Akteur). Eine Eigenschaft, die hinsichtlich einer Minimierung der AA-Belastung von Lebensmitteln, insbesondere einhergehend mit niedrigen Asn-Gehalten, als äußerst günstig zu bewerten ist und in weiteren Sortenprüfungen an unterschiedlichen Standorten bekräftigt werden sollte. Die Korrelation der Asn-Gehalte der an den beiden Standorten erzeugten Weizensorten von $R^2 = 0,61^{***}$ ($n = 19$) (nicht dargestellt) unterstreicht diese Einschätzung, wonach durchaus die Möglichkeit besteht, stabil auf den Standorteinfluss reagierende und unter ökologischen Bedingungen produzierte Weizensorten zu finden.

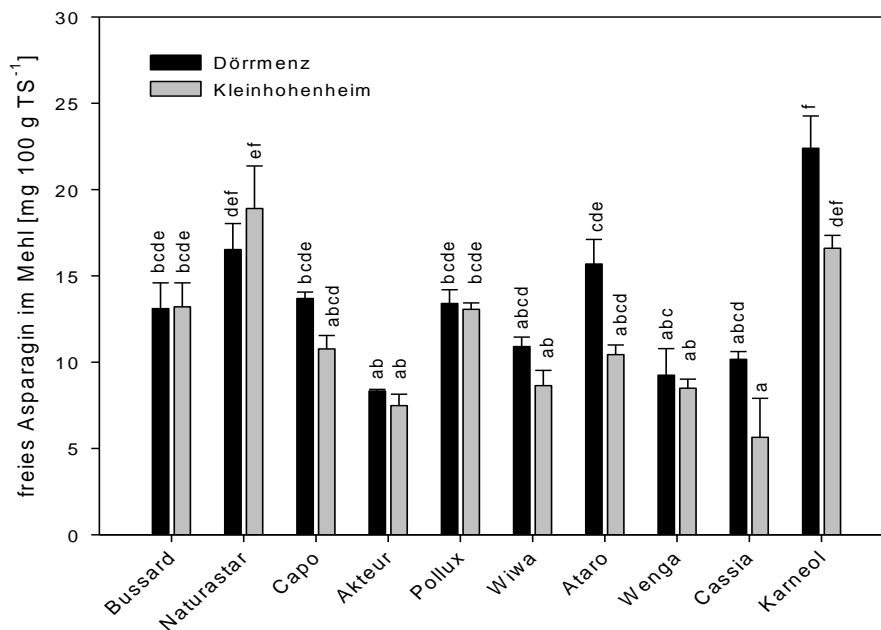


Abb. 1: Asparagingehalte [mg 100 g TS⁻¹] einer Auswahl von 10 ökologisch erzeugten Weizensorten, produziert an zwei Standorten in Baden-Württemberg. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha=0,05$, Tukey-Test)

Literatur

- Stadler R.H., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy P.A., Robert M.C., Riediker S. 2002: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419: 449-450.
- Weber E.A. 2007: Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut. Dissertation, Universität Hohenheim.

Einfluss verschiedener Schwefeldünger auf Vorstufengehalte von Acrylamid

Niels Pridzuhn, Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide wird maßgeblich vom Gehalt der Acrylamidvorstufe freies Asparagin im Korn beeinflusst. Bisherige Untersuchungen zeigten, dass, neben Witterungseinflüssen und Sortenunterschieden, die Höhe und zeitliche Verteilung der Stickstoffdüngung Einfluss auf den Gehalt an freiem Asparagin hat. Des Weiteren zeigten Untersuchungen von Muttucumaru et al. (2006) und Granvogel et al. (2007), dass Schwefelmangel zur Anreicherung von freien Aminosäuren, insbesondere freiem Asparagin im Korngut von Weizen führen kann und dadurch bei der Weiterverarbeitung zu Backwaren die Acrylamidgehalte dramatisch ansteigen können. Inwieweit eine gestaffelte Schwefeldüngung mit unterschiedlichen S-Düngerformen sich auf die Reduktion von freiem Asparagin auswirkt, ist noch weitgehend unerforscht. Daher war es Ziel der Studie zu analysieren, ob verschiedene Schwefeldünger, Düngermengen und die zeitliche Verteilung in Abhängigkeit von der N-Düngerhöhe Einfluss haben auf Ertrag, Backqualität und den Gehalt an freiem Asparagin im Korngut der Winterweizensorte Enorm.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Düngeversuch (Veg.-Perioden 2006/2007 und 2007/2008) wurde die Winterweizensorte Enorm am Standort Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø mittlerer jährl. Niederschlag 693 mm, Ø mittlere Jahrestemperatur 8,1 °C, Bodenart lehmiger Ton) geprüft. Nach Vorfrucht Zuckerrübe wurde ein randomisierter Versuch in Blockanlage in drei Wiederholungen angelegt. Die unterschiedlichen Düngemaßnahmen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Im Anschluss an den Drusch wurden der Kornertrag sowie verschiedene Qualitätsparameter (u. a. Rohprotein, Fallzahl) und das freie Asparagin untersucht. Die Analyse des freien Asparagins fand nach Extraktion des Mehles mittels HPLC-Fluoreszenzdetektion statt.

Tab. 1: Verteilung der S- und N- Düngung nach Art, Zeitpunkt und Menge

Variante	S kg ha ⁻¹					N kg ha ⁻¹
	gesamt	Veg.Beginn	EC 37/39	EC 49/51	EC 55	
Kontrolle	-	-	-	-	-	-
Kontrolle-S	20	20 (K)	-	-	-	-
K20-N1	20	20 (K)	-	-	-	120
K40-N1	40	20 (K)	20 (K)	-	-	120
K20-N2	20	20 (K)	-	-	-	200
K40-N2	40	20 (K)	20 (K)	-	-	200
K60-N2	60	60 (K)	-	-	-	200
Bs-N1	6	-	2 (Bs)	2 (Bs)	2 (Bs)	120
Bs-N2	6	-	2 (Bs)	2 (Bs)	2 (Bs)	200
K20Bs-N1	26	20 (K)	2 (Bs)	2 (Bs)	2 (Bs)	120
K20Bs-N2	26	20 (K)	2 (Bs)	2 (Bs)	2 (Bs)	200
eS-N1	5,6	2,8 (eS)	2,8 (eS)	-	-	120
eS-N2	5,6	2,8 (eS)	2,8 (eS)	-	-	200

K: Kieserit, Bs: Bittersalz, eS: elementarer Schwefel, Veg.Beg: Vegetationsbeginn

Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an freiem Asn variierte zwischen 6,9 und 23,8 mg 100g⁻¹ TS, das Versuchsjahr hatte dabei keinen signifikanten Einfluss (Abb. 1). Zwischen den Werten der ungedüngten Kontrolle und der mit Schwefel gedüngten Kontrolle bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Es ist daher zu vermuten, dass kein Schwefelmangel im Boden vorlag. Diese Annahme wird durch den zusätzlich erhobenen Schwefelgehalt der Mehlproben gestützt, der bei allen Proben oberhalb des Werts von 1,2 mg S g⁻¹ lag. Vergleicht man die Versuchsvarianten getrennt nach den zwei N-Düngerstufen, so zeigten sich mit einer Ausnahme (eS-N2, Jahr 2008) keinerlei signifikante Unterschiede innerhalb der beiden Gruppen. Folglich hatte weder die Menge noch die Art der S-Düngung einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an freiem Asn. Entscheidend war stattdessen die Höhe der N-Düngung. In beiden Versuchsjahren resultierten alle mit 120 kg N ha⁻¹ gedüngten Varianten in signifikant niedrigeren Gehalten an freiem Asn als die mit 200 kg N ha⁻¹ gedüngten Varianten. Diese Differenz spiegelte sich auch im Rohproteingehalt (nicht dargestellt) wider: Er betrug im Jahr 2007 bei 120 kg N ha⁻¹ im Durchschnitt 12,1 % im Vergleich zu 14,4 % bei 200 kg N ha⁻¹. Im Jahr 2008, in dem signifikant niedrigere Rohproteingehalte als im Vorjahr erzielt wurden, fiel die Differenz analog aus mit 11,5 % zu 13,7 %. Zusammenfassend zeigte der Versuch, dass in einem Boden ohne Schwefelmangel eine zusätzliche S-Düngung den Gehalt an freiem Asparagin nicht beeinflusst. Die Annahme, dass die gesteigerte S-Düngung die Einbindung des freien Asparagins in die Proteinsynthese intensiviert, bestätigte sich nicht. Eine reduzierte N-Düngung senkte dagegen das freie Asparagin, aber auch den Rohproteingehalt deutlich.

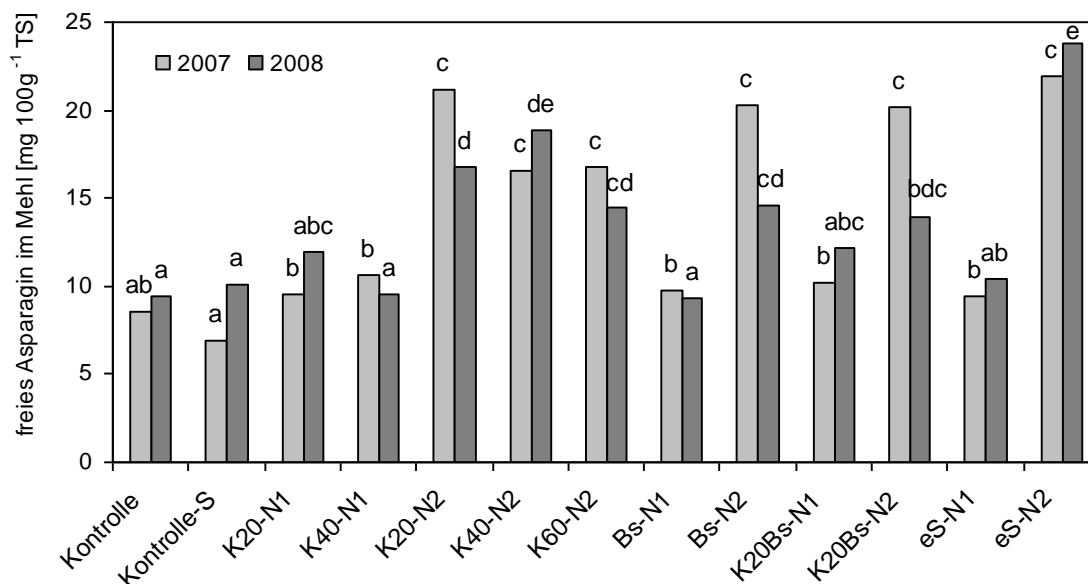


Abb. 1: Gehalt an freiem Asparagin [mg 100g⁻¹ TS] in den Mehlproben. Gleiche Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha \leq 0,05$, Tukey-Test)

Literatur

- Muttucumaru N., Halford N.G., Elmore J.S., Dodson A.T., Parry M., Shewry P.R., Mottram D.S. 2006: Formation of High Levels of Acrylamide during the Processing of Flour Derived from Sulfate-Deprived Wheat. *J. Agric. Food Chem.* 54: 8951-8955.
- Granvogel M., Wiesner H., Koehler P., Von Tucher S., Schieberle P. 2007: Influence of Sulfur Fertilization on the Amounts of Free Amino Acids in Wheat. Correlation with Baking Properties as well as with 3-Aminopropionamide and Acrylamide Generation during Baking. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4271-4277.

Kühletoleranz während des Auflaufs und der Jugendentwicklung bei Sorghum

K. Fiedler*, A. Zacharias**, H. Stützel und R. Uptmoor*

Einleitung

Die hohe Wärmebedürftigkeit ist in hiesigen Breiten der im Wesentlichen begrenzende Faktor für die Etablierung von Sorghum als Alternative zu Energiemais. Jedoch lässt die Adaption an tropische Höhenlagen von Sorghum auf eine hohe genetische Vielfalt hinsichtlich der Kühletoleranz schließen. Geringe Bodentemperaturen im Frühjahr verhindern einen frühen Aussaatzeitpunkt und damit hohe Biomasseerträge zur Ernte. Bevor die Bodentemperatur nicht deutlich über 10°C liegt – der Basistemperatur für die Keimung – wird eine Aussaat nicht empfohlen (Anda und Pinter 1994). Neben unzureichenden Auflaufraten ist eine verzögerte Jugendentwicklung die Folge von fehlender Kühletoleranz. Demnach sind Genotypen wünschenswert, die über hohe Blatterscheinungs- und Blattstreckungsraten bei niedrigen Temperaturen verfügen. Sowohl die Trockenmassebildung als auch Photosyntheseraten sind bei kältesensitiven Genotypen reduziert (Hund et al. 2005).

Ziel des Projektes ist (1) die Evaluierung der Kühletoleranz von 200 Sorghum-Linien unter kontrollierten Bedingungen in Klimakammern und im Feld, (2) die Erfassung der Variabilität hinsichtlich der Basistemperatur für Keimung, Auflauf und Blattstreckung, (3) die Erfassung mittlerer Auflauf-, Blattstreckungs- und Blatterscheinungsraten, (4) die Durchführung von Assoziationsstudien zur Kühletoleranz und (5) die Verifikation der über Assoziationsstudien detektierten QTLs in spaltenden Kreuzungspopulationen.

Material und Methoden

Ein Diversitätsset, bestehend aus 200 Linien, wurde in einem Klimakammerversuch mit 9 Temperaturstufen in 2 Wiederholungen hinsichtlich des Auflaufverhaltens evaluiert. Die durchschnittliche Lufttemperatur lag zwischen 9,6 und 19,9°C. Die Auflaufraten wurden täglich erfasst. Mithilfe einer partiellen linearen Regression wurden genotypspezifische Parameter für unterschiedliche Temperaturen abgeleitet, mit denen z. B. der Zeitpunkt des Auflaufbeginns, die Dauer des Auflaufs und die maximale Auflaufrate beschrieben werden können.

In einem weiteren Versuch wurden vier ausgewählte Linien bei zwei Temperaturen mit vier Wiederholungen hinsichtlich ihrer Variabilität in der Jugendentwicklung untersucht. Die Aussaat fand bei 25/22°C (Tag/Nacht) statt. Nach acht Tagen wurde die Hälfte der Pflanzen auf 17/15°C (Tag/Nacht) umgestellt. Photosynthese- und SPAD-Messungen sowie die Erfassung von Blattzahl, Blattflächen und Trockenmassen wurden 20 Tage nach Aussaat durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Klimakammerversuchen konnte eine große Variabilität der 200 Linien des Diversitätssets hinsichtlich des Auflaufverhaltens in Abhängigkeit der Temperatur beobachtet werden (Abb. 1). Signifikante Unterschiede der Linien bezüglich des Beginns und der Dauer des Auflaufs sowie der maximalen Auflaufrate konnten gezeigt werden. Im nächsten Schritt werden Assoziationsstudien auf der Basis von

* Institut für Biologische Produktionssysteme, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

** KWS Saat AG, Grimsehlstr.31, 31755 Einbeck

DART-Markeranalysen durchgeführt. Quantitative trait loci (QTLs) für Auflaufzeiten konnten für Sorghum detektiert werden (Knoll et al. 2008).

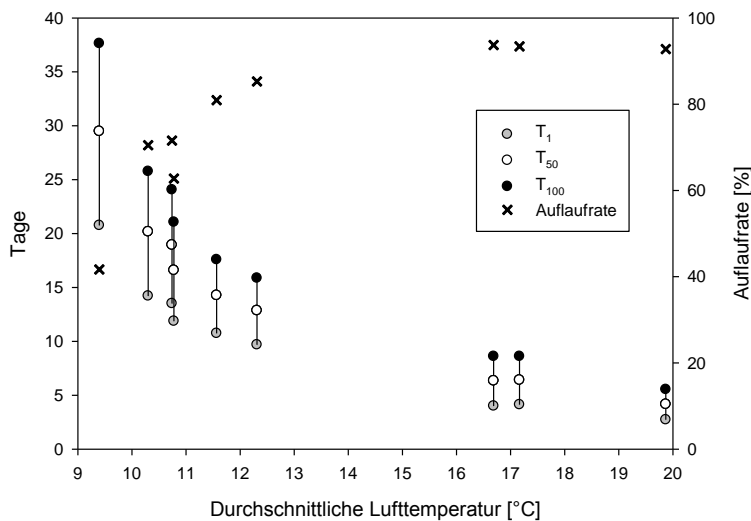


Abb. 1: Beginn (T_1), Dauer ($T_{100}-T_1$) und Median (T_{50}) des Auflaufs sowie maximale Auflaufrate des Populationsmittels in Abhängigkeit der durchschnittlichen Lufttemperatur

Im Versuch zur Jugendentwicklung waren Unterschiede im Habitus der vier ausgewählten Linien zu erkennen. Die Linien unterschieden sich hinsichtlich der Gesamttrockenmasse, Blattzahl und Blattfläche signifikant, nicht jedoch in der Photosyntheserate (Tab.1). In ähnlichen Versuchen mit Mais konnten Unterschiede in der Photosyntheserate (Hund et al. 2005) gezeigt werden.

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Jugendentwicklung

		Trockenmasse [g/Pflanze]	Blattfläche [cm ² /Pflanze]	Blattzahl	Pflanzenhöhe [cm]	Photosyntheserate [μmol/s*m ²]
Mittelwert	25°C	0,8	380	7	45	35
	17°C	0,2	108	5	18	20
Temperatur		***	***	***	***	***
Linie		***	***	**	***	n.s.
Temperatur x Linie		*	n.s.	n.s.	*	*

n.s.: nicht signifikant, ***, **, * signifikant auf dem 0,001, 0,01 und 0,05 Level

Literatur

- Anda A., Pinter L. 1994: Sorghum germination and Development as influenced by soil temperature and water content. *Agronomy Journal* 86(4): 621-624.
- Hund A. et al. 2005: Cold tolerance of photosynthetic apparatus: pleiotropic relationship between photosynthetic performance and specific leaf area of maize seedlings. *Molecular Breeding* 16(4): 321-331.
- Knoll et al. 2008: QTL-analysis of early-season cold tolerance in sorghum: *Theoretical Applied Genetics* 116(4): 577-587.

Untersuchungen zur Phosphor-Ausnutzung von Pflanzen unter Trockenstressbedingungen – Ein Beitrag zur Entwicklung von Anbausystemen für ertragsschwache Standorte

Christine Brandt und Bettina Eichler-Löbermann

Einleitung

Infolge der Klimaveränderung wird es vermutlich auch in Mitteleuropa zu einer Verminderung der Regenmenge während der Vegetationsperiode in den Sommermonaten kommen. Dies kann auf leichten Böden zu starken Ertragsrückgängen führen (Jacob et al. 2008). Unter Trockenstressbedingungen kommt es zudem häufig zu Nährstoffmangel. Das betrifft wegen der geringen Mobilität im Boden insbesondere Phosphor (P) (Hu und Schmidhalter 2005). Besonders das Zusammenwirken beider Faktoren hat negative Auswirkungen auf das Wachstum der Pflanzen.

Ziel der Untersuchungen war es, die P-Versorgung verschiedener C3- und C4-Pflanzen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung zu untersuchen.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch wurden die Nährstoffausnutzung verschiedener Fruchtarten sowie Effekte organischer P-Düngung und die Aktivität der Enzyme des P-Kreislaufs im Boden unter Trockenstressbedingungen untersucht.

Für den Versuch wurde ein schwach sandiger Lehm ($P_{dl} = 4,06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) gesiebt und 6 kg des lufttrockenen Bodens eingewogen. Die Düngung erfolgte mit 0,4 g P pro Gefäß, dabei wurde Phytinsäure ($C_6H_{16}CaO_{24}P_6$) (NPK) als organische P-Quelle genutzt. Zur Kontrolle wurde eine Variante ohne P-Zufuhr (NK) angelegt.

Vor Versuchsbeginn wurde die maximale Wasserhaltekapazität (WHK) des Bodens ermittelt und daraus die jeweilige Bewässerungsstufe (60 % WHK optimal versorgte Kontrollvariante, 30 % WHK Trockenstressvariante) durch tägliches Wiegen eingestellt.

Der Anbau der Fruchtarten Amarant (*A. cruentus* - Bärnkraft), Sorghum (*S. bicolor* x *S. sudanense* - Inka), Raps (*Brassica napus* - Palma) und Roggen (*Secale cereale* - Arantes) erfolgte für 8 Wochen unter natürlichen Witterungsbedingungen, unter einem Regen abweisenden Shelter. Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung angelegt. Nach der Ernte wurden unter anderem die Biomasseerträge, die P-Aufnahme und die saure Phosphatase-Aktivität im Boden bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Versuchsende waren unter Trockenstressbedingungen die Erträge bei Sorghum, Raps und Roggen signifikant geringer. Amarant zeigte dagegen keinen Ertragsrückgang. Auch die P-Aufnahmen verringerten sich bei den Gräsern Sorghum und Roggen unter Trockenstress, erhöhte sich jedoch bei Amarant und Raps (Tab. 1).

Infolge der organischen P-Düngung waren die Erträge aller Fruchtarten im Vergleich zur P-armen Variante in beiden Bewässerungsstufen erhöht. Auch weitere Studien belegen, dass eine P-Zufuhr unter Bedingungen der Trockenheit positive Effekte auf das Pflanzenwachstum hat. So konnten Gutiérrez-Boem und Thomas

(1999) eine Erhöhung der Biomasseerträge in Soja bei erhöhter P-Verfügbarkeit unter Trockenstress feststellen.

Ein Anstieg der sauren Phosphatase-Aktivität war sowohl unter Trockenstress als auch durch die Zufuhr der organischen Düngung zu verzeichnen. Durch die vermehrte Exsudation von Phosphatasen kann die P-Verfügbarkeit für die Pflanze erhöht werden. Die Aktivität der sauren Phosphatase war durch die organische P-Zufuhr bei allen Fruchtarten signifikant erhöht. Untersuchungen von Li et al. (2004) ergaben eine Erhöhung der sauren Phosphatase-Aktivität in der Rhizosphäre von Kichererbsen nach organischer P-Düngung im Vergleich zur mineralisch gedüngten Kontrolle.

Tab. 1: Einfluss von Düngung und Trockenstress auf Ertrag TM (g/Gefäß), P-Aufnahme (mg/Gefäß) und saure Phosphatase-Aktivität (μg p-Nitrophenol/g TS/h)

Faktor	Sorghum	Amarant	Raps	Roggen
Ertrag TM (g/Gefäß)				
ohne P (NK)	6,5 a	12,8 a	16,5 a	21,8 a
NPK	10,1 b	16,9 b	19,3 b	28,6 b
60% WHC	9,2 b	14,7 a	18,8 b	28,4 b
30% WHC	7,4 a	15,1 a	17,0 a	22,0 a
P-Aufnahme (mg/Gefäß)				
ohne P (NK)	14,08 a	36,25 a	36,39 a	32,25 a
NPK	14,79 a	53,49 b	45,49 b	43,83 b
60% WHC	16,70 b	41,97 a	39,14 a	41,85 b
30% WHC	12,07 a	47,77 b	42,75 b	34,23 a
saure Phosphataseaktivität μg p-Nitrophenol/g TS/h				
ohne P (NK)	188,11 a	166,63 a	192,54 a	208,52 a
NPK	204,40 b	208,17 b	221,45 b	231,70 b
60% WHC	195,62 a	171,15 a	190,56 a	213,29 a
30% WHC	196,88 a	203,65 b	223,43 b	226,93 b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Mittelwerte $p \leq 0,05$ für jede Fruchtart

Die Ergebnisse belegen fruchtartenspezifische Reaktionen auf Wasser- und P-Mangel, wobei die P-Versorgung in diesem Versuch deutlichere Effekte verursachte als die Wasserversorgung. In Experimenten mit einer weiteren Abstufung in der P- und Wasserversorgung sollen diese Ergebnisse geprüft werden.

Literatur

- Gutiérrez-Boem F.H., Thomàs G.W. 1999: Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans. *Plant and Soil* 207: 87-96.
- Hu Y., Schmidhalter U. 2005: Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 541-549.
- Jacob D., Göttel H., Kotlarski I. S., Lorenz P., Sieck K. 2008: Climate Change. Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland - Phase1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Nr. 11/2008, Umweltbundesamt.
- Li S.M., Li L., Zhang F.S., Tang C. 2004: Acid Phosphatase Role in Chickpea/Maize Intercropping. *Annals of Botany* 94: 297-303.

Vergleich der Trockentoleranz von Sorghumhirsen und Mais

Siegfried Schittenhelm, Susanne Schroetter und Torsten Neumann

Einleitung

Wenn die Prognosen der Klimaforscher stimmen, dann avanciert das Wasser zum wichtigsten limitierenden Faktor für die Biomasseproduktion. Obgleich die Zusatzbewässerung eine ökonomisch sinnvolle Maßnahme bei der Energiepflanzenproduktion darstellen kann (Toews und Schittenhelm 2008), ist sie nicht überall möglich oder ökologisch sinnvoll. Deshalb müssen Energielandwirte künftig in stärkerem Maße Fruchtarten einsetzen, die mit weniger Wasser auskommen, sei es natürlicher Niederschlag oder Beregnungswasser. In dem vorliegenden Experiment wurde untersucht, ob Futterhirse (*Sorghum bicolor*) und Sudangrashybriden (*S. bicolor* x *S. sudanense*) auf Trockenstandorten in Deutschland eine Anbaualternative zu Mais in Biogasfruchtfolgen darstellen. Farré und Faci (2006) konnten zeigen, dass Sorghumhirse aufgrund ihrer Fähigkeit, Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen, bei mäßigem bis starkem Trockenstress in Nordost-Spanien dem Mais im Biomasseertrag überlegen ist.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in den Jahren 2008 und 2009 als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Wasserregimen als Großteilstücken und den Fruchtarten als Kleinteilstücken in zweifacher Wiederholung unter einem Folientunnel auf dem Versuchsfeld des Instituts in Braunschweig durchgeführt. Die drei Stufen der Wasserversorgung waren 15-25, 40-50 und 60-80 % nutzbare Feldkapazität (nFK) entsprechend starkem, leichtem bzw. keinem Trockenstress. Die Zusatzbewässerung erfolgte mittels Tropfschläuchen und wurde über ML2x-Bodenfeuchtesonden gesteuert. Mais ('Atletico'; Reifezahl S 280), Futterhirse ('Sucrosorgo 506') und Sudangrashybride ('Lussi') wurden einheitlich am 8.5.2008 bzw. am 26.5.2009 ausgesät. Die gesamte ausgebrachte Wassermenge in den Parzellen mit starkem, leichtem und keinem Trockenstress betrug 50, 140-160 und 230-270 mm im Jahr 2008 sowie 50-60, 200 und 350 mm im Jahr 2009. Neben agronomischen Eigenschaften wurden auch verschiedene Wurzelparameter ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Futterhirse war dem Mais bei guter Wasserversorgung ebenbürtig und unter Trockenbedingungen sogar überlegen (Abb. 1). Die Sudangrashybride war der Futterhirse auf allen Stufen der Wasserversorgung unterlegen. Unter starkem Trockenstress erzielte die Sudangrashybride allerdings einen dem Mais vergleichbaren Trockenmasseertrag. Die drei Fruchtarten unterschieden sich deutlich in der trockenheitsbedingten Ertragsreduktion. Während der Mais im Mittel der beiden Versuchsjahre auf starken Trockenstress mit einem Ertragsrückgang von 53 % reagierte, fiel die Ertragsreduktion bei Futterhirse und Sudangrashybride mit jeweils 38 % vergleichsweise niedrig aus.

Ohne Trockenstress hatten Mais, Futterhirse und Sudangrashybride eine vergleichbare Wassernutzungseffizienz (WNE) von 63-65 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Bei starkem Trockenstress hingegen war die Futterhirse mit einer WNE von 112 kg ha⁻¹ mm⁻¹ sowohl der Sudangrashybride (100 kg ha⁻¹ mm⁻¹) als auch dem Mais (90 kg ha⁻¹ mm⁻¹) signifikant überlegen.

Die drei geprüften Fruchtarten bildeten den Hauptanteil der Wurzeln in der oberen Bodenschicht bis 15 cm Tiefe. Bis zu 95 % der Wurzeln waren hier zu finden. Trockenstress verringerte die Wurzelmasse in der darunterliegenden Bodenschicht (15-30 cm) im Vergleich zur optimalen Wasserversorgung bei Mais um 52 % und bei Futterhirse um 70 %. Die Durchwurzelungsintensität in beiden Bodenschichten war deutlich reduziert. Die Sudangrashybride dagegen bildete unter Wassermangel in der Bodenschicht 15-30 cm mehr Wurzeln aus und durchwurzelte den Boden bei beiden Wasserversorgungsstufen intensiv. Bei Untersuchungen zum Wurzel-tiefgang im Jahr 2008 waren unter Wassermangel für Futterhirse mehr Wurzeln in Tiefen unterhalb von 60 cm nachweisbar als bei Sudangrashybride und Mais. Der Mais schnitt diesbezüglich am schlechtesten ab.

Wegen ihres hohen Wärmebedarfs können die derzeit verfügbaren Sorten von Futterhirse und Sudangrashybride erst ab etwa Mitte Mai ausgesät werden. Deshalb bietet sich ihre Eingliederung in ein Zweifruchtsystem an, bei dem die Sorghumhirsen erst nach der Ernte einer Winterzwischenfrucht (z. B. Grünschnittroggen) ausgesät werden.

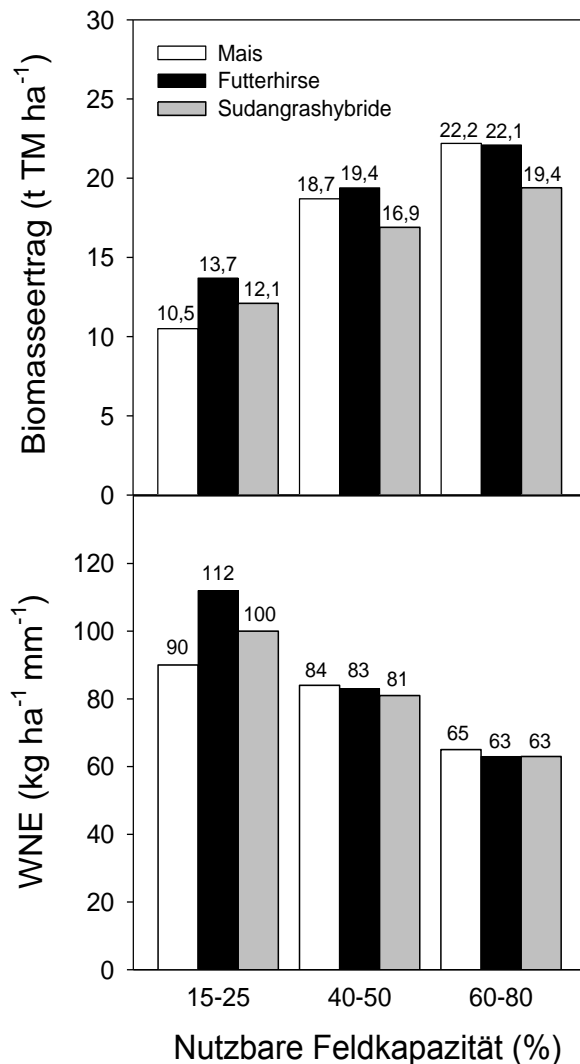


Abb. 1: Biomasseertrag und Wassernutzungseffizienz (WNE) in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte im Durchschnitt der Jahre 2008 und 2009. Die Grenzdifferenzen ($P < 0,05$) für Mittelwertvergleiche betragen für den Biomasseertrag 2,0 t ha⁻¹ und für die WNE 8 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

Literatur

- Farré I., J.M. Faci 2006: Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 83: 135-143.
- Toews T., S. Schittenhelm 2008: Wirtschaftlichkeitsanalyse eines dreijährigen Versuchs zur Bewässerung von Biogasmais. *Neue Landwirtschaft* 4: 64-67.

Untersuchungen zur antioxidativen Wirkung von Oregano (*Origanum vulgare* L.)

Feng Yan, Susanne Janke und Bernd Honermeier

Einleitung

Die Gattung *Origanum* (Dost) gehört zur Familie der *Labiatae* (Lippenblütler) und ist ein mehrjähriger Halbstrauch, der im ganzen Mittelmeerraum zu finden ist. Verschiedene Akzessionen von *Origanum* werden auf der ganzen Welt als Gewürz vielfältig verwendet und sind unter dem Namen Oregano bekannt. Der Pflanze kommt große wirtschaftliche Bedeutung zu, nicht nur als Gewürz, sondern insbesondere aufgrund ihrer antimikrobiellen und antioxidativen Wirkung. Die antioxidative Wirkung von Oregano geht hauptsächlich auf die phenolischen Verbindungen und die Komponenten des ätherischen Öls zurück. Diese Verbindungen zählen zu den natürlichen Antioxidantien, die sowohl für die Pflanzen als auch in der Ernährungsphysiologie des Menschen eine große Bedeutung besitzen.

Das Ziel bestand darin, die antioxidative Kapazität von verschiedenen Akzessionen der Art *Origanum vulgare* L. zu untersuchen. Es sollte geklärt werden, welche Ausprägung und welche Variabilität dieses Merkmal innerhalb der Art *Origanum vulgare* L. besitzt.

Material und Methoden

Es wurde ein Gefäßversuch mit 21 Akzessionen von *Origanum vulgare* aus unterschiedlichen Herkunftsländern getestet. Die für die Pflanzenanzucht verwendeten Samen wurden aus der Genbank des IPK Gatersleben zur Verfügung gestellt. Die Pflanzen wurden im Mai 2007 in kleinen Mitscherlich-Gefäßen (1 Pflanze/Gefäß) im Gewächshaus der Versuchsstation Rauschholzhausen angezogen. Es wurden 10 Pflanzen bzw. Gefäße für jede Akzession angesetzt. Der Boden war ein Lößboden aus Rauschholzhausen/Ebsdorfergrund und enthielt (pro 100 g Boden) 7,8 mg P, 14,9 mg K und 42 mg N. Der Boden wurde mit Sand (Boden/Sand=1/2 w/w) vermischt und mit N, P, K, Mg und CaCO₃ gedüngt. Der pH-Wert des Bodensubstrates betrug 6,7 (in Wasser). Die Wasserversorgung der Pflanzen wurde durch die Bewässerung sichergestellt. Die Pflanzen wurden im Vollblütstadium geerntet und bei 40°C getrocknet. Im Feldversuch wurden 8 Akzessionen in April 2007 ins Freiland verpflanzt und mit NPK-Dünger gedüngt. Die Pflanzen wurden in den Jahren 2008 und 2009 je zweimal geerntet und getrocknet.

Zur Messung der antioxidativen Kapazität wurde Pflanzenmaterial zuerst frisch vermahlen und dann mit 80 %tigem Methanol in einem Ultraschallbad für 30 min extrahiert. Vor dem Filtrieren wurde der Extrakt mit Wasser 1:1 verdünnt. Zur Erfassung der antioxidativen Kapazität des *Origanum*-Extraktes wurde die ORAC-Methode genutzt. Bei dieser Methode wird das fluoreszierende Fluorescein durch eine Sauerstoffradikal-freisetzende Substanz zeitabhängig abgebaut. Der Abbau des Fluorescein durch Sauerstoffradikal wird durch die Antioxidantien verlangsamt. Die Kinetik des Abbaus des Fluorescein wird dann verglichen und die antioxidative Kapazität des *Origanum*-Extraktes mit Hilfe einer Kalibrierkurve ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die antioxidative Kapazität von Oregano zeigte eine große Variabilität in den 21 untersuchten Akzessionen aus verschiedenen Herkunftsländern. Die Akzessionen 14 und 17 haben den niedrigsten Wert (2,01 mmol TE/g), wohingegen die Akzessionen 24 und 30 den höchsten Wert von 3,2 mmol TE/g zeigten (Abb. 1). Somit zeigt Origanum eine Schwankung in der antioxidativen Kapazität um mehr als 50 %. Da alle untersuchten Oregano-Pflanzen unter gleichen Bedingungen angezogen waren, kann diese Schwankung der antioxidativen Kapazität in *O. vulgare* als ein Indiz für eine genetische Variabilität angesehen werden.

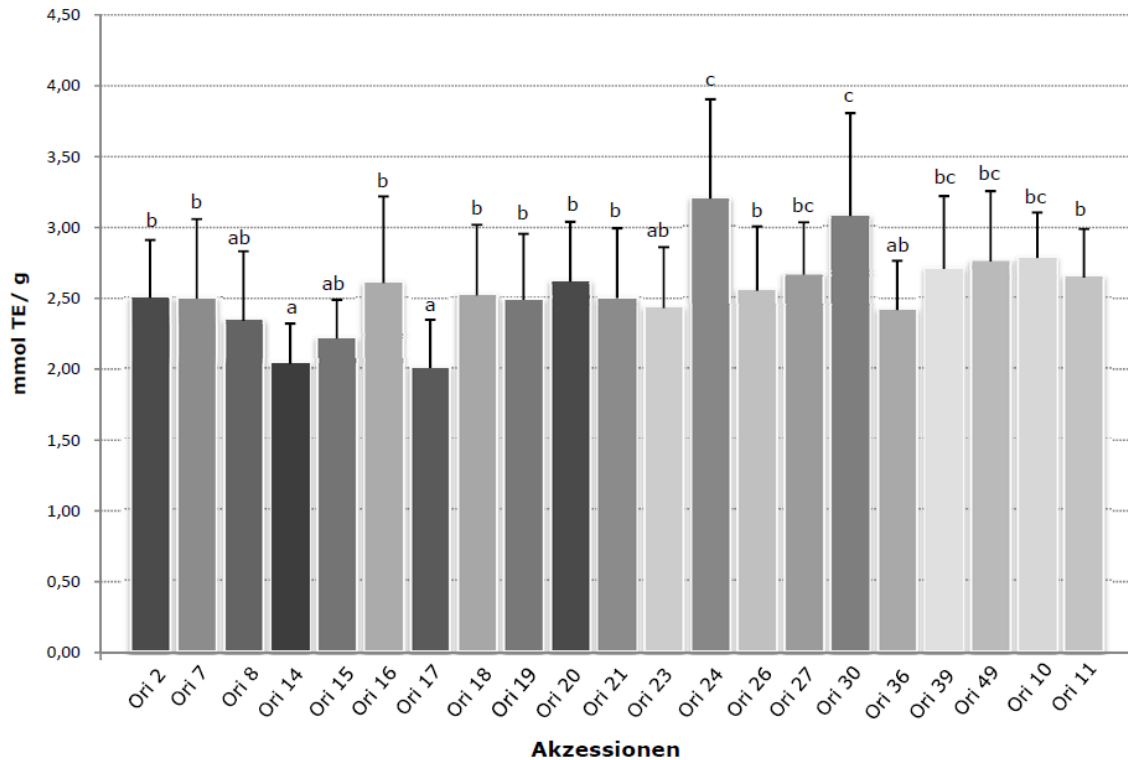


Abb. 1: Variabilität der antioxidative Kapazität (in mmol TE/g) von verschiedenen Akzessionen von *O. vulgare*. Für jede Akzession wurden 10 Pflanzen (als Wiederholung) im Gefäßversuch angebaut und analysiert. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen Mittelwerten wurden durch LSD-Grenzwerte festgestellt und durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Die unter Feldbedingungen angebauten Pflanzen von 8 Akzessionen zeigten eine deutlich höhere antioxidative Kapazität (Daten nicht gezeigt). Im Mittel war die antioxidative Kapazität der unter Feldbedingungen angebauten Origanum-Pflanzen zweifach höher als die der unter Gefäßbedingungen kultivierten Pflanzen.

Die Korrelation zwischen der antioxidativen Kapazität und dem Gehalt an ätherischem Öl oder dem Prozentanteil der einzelnen Komponenten des ätherischen Öls war nur gering ausgeprägt. Es wird vermutet, dass die antioxidative Kapazität von *O. vulgare* hauptsächlich auf die phenolischen Verbindungen wie Rosmarinsäure zurückzuführen ist.

Einfluss von Reifegruppe und Schnitthäufigkeit auf die Futterqualität von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.)

Doreen Tobi, Antje Herrmann, Martin Gierus und Friedhelm Taube

Einleitung

Um eine ökonomisch notwendige Mindestenergiedichte von 6 MJ NEL kg⁻¹ TM im Durchschnitt des Jahres in Grassilagen zur Fütterung von Milchrindern zu erreichen, ist eine Nutzungsfrequenz von vier Schnitten pro Jahr erforderlich. Die geringen Erträge und Futterqualitäten der dritten und vierten Aufwüchse verursachen jedoch vergleichsweise hohe Grundfutterkosten, die die Konkurrenzsituation von Grassilage gegenüber Maissilage verschlechtern. Bei spätreifen Weidelgrassorten verschiebt sich der Nutzungstermin des ersten Aufwuchses um zwei bis drei Wochen. Unter der Voraussetzung, dass frühe und späte Sorten zum jeweiligen Erntetermin gleiche Futterqualitätsmerkmale aufweisen, stellen wir die Hypothese auf, dass durch die Verwendung spätreifer Sorten des Deutschen Weidelgrases mit drei Nutzungen im Jahr vergleichbare Futterqualitäten erzielt werden können wie mit vier Nutzungen von mittelfrühen Sortentypen. Bisher liegen nur wenige Informationen zu dieser Fragestellung vor. Ziel des im Rahmen des im „Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein“ geförderten Projektes ist es somit, den Einfluss von Nutzungsfrequenz, Reifegruppe und Ploidiestufe auf Futterqualitäts- und Ertragsparameter von Deutschem Weidelgras zu quantifizieren. Im folgenden Beitrag werden als erste Ergebnisse die Verdaulichkeit der organischen Masse und die Erträge der ersten Aufwüchse des Versuchsjahres 2009 vorgestellt.

Material und Methoden

An zwei für Schleswig-Holstein repräsentativen Standorten, Hohenschulen/Hügelland (sL, AZ 45-60, Ø NS 760 mm) und Schuby/Geest (hS, AZ 20-22, Ø NS 850 mm) wurden in einer Spaltanlage mit vierfacher Wiederholung 12 Sorten von Deutschem Weidelgras (Tab. 1) aus unterschiedlichen Reifegruppen und Ploidiestufen in drei Nutzungsregimen (3-/4-/5-Schnitt) angebaut. Die N-Düngung (KAS) betrug 360 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (3-Schnitt 140/120/100, 4-Schnitt 120/100/80/60, 5-Schnitt 100/80/80/60/40).

Tab. 1: Übersicht der im Versuch angebauten Sorten, Zahlen in Klammern: Zeitpunkt des Ährenschiebens in Tagen nach dem 1. April (Angaben Bundessortenamt)

Reifegruppe	RG 1 früh	RG 2 mittel	RG 3 spät
diploid	Lipresso (41)	Fenemma (52)	Gladio (62)
	Marika (44)	Respect (51)	Sponsor (64)
tetraploid	Lacerta (44)	Trend (52)	Gemma (63)
	Pionero (44)	Maritim (58)	Delphin (62)

Die ersten Aufwüchse wurden jeweils zum Ährenschieben der entsprechenden Reifegruppen geerntet. Die Grasproben wurden bei 59°C getrocknet und vermahlen. Der Anteil der enzymlöslichen organischen Substanz wurde mittels NIRS auf Basis der in vitro

Cellulase-Methode von de Boever et al. (1986) geschätzt. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (DOM) wurde nach Weißbach et al. (1999) aus EULOS und Asche berechnet. Mittelwertvergleiche wurden mit t-Test und anschließender Bonferroni-Holm-Korrektur durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

An beiden Standorten wurde eine Abnahme der Verdaulichkeit im 3-Schnittsystem ermittelt (Abb.1). Ausgehend von ähnlichen Verdaulichkeiten aller Reifegruppen zu einem frühen 1. Schnitt (5-Schnittnutzung) konnten signifikante Unterschiede zwischen den Reifegruppen innerhalb eines Schnittregimes ausschließlich in Hohenschulen im 3- und 4-Schnittsystem beobachtet werden.

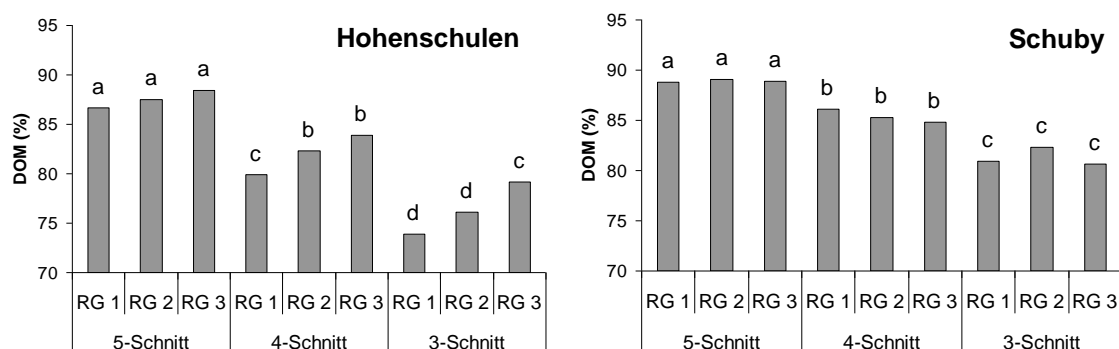


Abb. 1: Verdaulichkeit der organischen Substanz (DOM) von Deutschem Weidelgras in Abhängigkeit von Schnittsystem (3-/4-/5-Schnittnutzung) und Reifegruppen (RG 1 früh, RG 2 mittel, RG 3 spät) im 1. Aufwuchs. Schnitttermine Hohenschulen: 5./14./28.Mai, Schuby: 13./19./26.Mai. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Bonferroni-Holm; $p < 0,05$)

Die mittleren Erträge an verdaulicher organischer Substanz waren unabhängig von den Reifegruppen in der 3-Schnittnutzung am höchsten (Tab. 2). Betrachtet man die Reifegruppen unabhängig vom Schnittsystem, haben frühe Sorten in Hohenschulen höhere Erträge an verdaulicher organischer Substanz als mittlere oder späte Sorten.

Tab. 2: Erträge der 1. Aufwüchse an verdaulicher organischer Substanz (in dt DOM ha⁻¹). Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Bonferroni-Holm; $p < 0,05$)

	Hohenschulen	Schuby
5-Schnittnutzung	28,2 a	26,6 a
4-Schnittnutzung	49,3 d	32,4 b
3-Schnittnutzung	73,2 e	39,3 c

Der ebenfalls im Versuch geprüfte Faktor Ploidiestufe hatte keine absicherbaren Auswirkungen auf die vorgestellten Parameter. Erst anhand der Auswertung der Daten zu den Folgeaufwüchsen sowie den Ergebnissen des zweiten Versuchsjahres werden eindeutige Aussagen abzuleiten sein.

Literatur

- De Boever J.L., B.G. Cottyn, F.X. Buysse, F.W. Wainman, J.M. Vanacker 1986: The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 14: 203-214.
- Weißbach F., S. Kuhla, L. Schmidt, A. Henkels 1999: Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 8: 72.

Etablierung ausgewählter Arten zur Nachsaat in ökologisch bewirtschafteten Grünlandbeständen in Abhängigkeit von Nachsaattechnik und Standort

Gerd Lange*, Herwart Böhm** und Clara Berendonk***

Einleitung

Die Artenzusammensetzung des Grünlandes verändert sich in Abhängigkeit der Nutzungsdauer, des Nutzungsregimes und von Bewirtschaftungsmaßnahmen. Daher ist eine regelmäßige Bewertung der Grünlandnarbe und der Artenzusammensetzung notwendig. Eine Grünlandverbesserung kann durch Nachsaaten erreicht werden. Hierfür stehen verschiedene Nachsaatetechniken und Arten zur Verfügung. Der Nachsaaterfolg von ausgewählten Futterpflanzenarten, die für den Ökologischen Landbau von besonderer Bedeutung sein können, wurde mit zwei unterschiedlichen Nachsaatetechniken auf insgesamt 8 Standorten in Nordwestdeutschland geprüft.

Material und Methoden

Im Sommer 2007 wurden Nachsaatversuche in Grünlandbeständen auf 8 ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein angelegt, wobei jeweils 4 Standorte durch leichtere Sandböden [Wohldorf (SH): hS, Kranenburg (NRW): S, Amelinghausen (NDS): hS, Ehrenburg (NDS): hl'S] bzw. bessere Böden [Trenthorst (SH): Ls, Harriersand (NDS): shT, Ottbergen (NDS): uT, Riswick (NRW): Sl'] charakterisiert waren. Verglichen wurde jeweils die ortsübliche Schlitzsaattechnik mit dem Verfahren Bandfrässaat. Die Bandfrässaat wurde mit der Maschine „Vacumat Slotter“ durchgeführt, welche die Narbe auf 33 % Flächenanteil etwa 4-6 cm flach fräst, bevor das Saatgut darin abgelegt wird.

Als Nachsaaten kamen jeweils 2 Sorten der folgenden Arten zum Einsatz: Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) in drei Reifegruppen, Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), Rotschwengel (*Festuca rubra*), Knaulgras (*Dactylis glomerata*), Hornklee (*Lotus corniculatus*) und auf drei ausgewählten Standorten zusätzlich Wiesenschweidel (*Festulolium*). Die Versuche wurden auf den Praxisbetrieben in 2- oder 3-facher Feldwiederholung (Parzellengröße 2,5 bzw. 3,0 m Breite, 20,0 m Länge) angelegt. Es wurde der Etablierungserfolg der Nachsaaten anhand von Aufgangs- und Aufwuchsbonituren (Ertragsanteilsschätzungen, Deckungsgrad der nachgesäten Arten) bewertet sowie die Erträge und Futterqualitäten in den Nachfolgejahren 2008 und 2009 bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Nachsaaterfolge waren standortspezifisch und in Abhängigkeit von der Nachsaatetechnik und den eingesetzten Arten stark unterschiedlich. Generell wurde mit der Bandfrässaat aufgrund der Ausschaltung der Altnarbe eine bessere Etablierung der Nachsaaten erzielt. Mängel der Bandfrässaat zeigten sich vor allem auf schwereren, tonigen Böden. Bei Trockenheit arbeiteten die Fräsmesser zum Teil nicht ausreichend, auch führte starke Trockenheit nach der Ansaat zu schlechtem Boden-

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Johannsenstr. 10, 30159 Hannover, E-mail:

Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de

** Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau

*** Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Elsenpaß 5, 47533 Kleve

schluss oder zum Vertrocknen der jungen Ansaaten. Feuchte Böden dagegen führten aufgrund von Strukturschädigungen zu Auflaufschwierigkeiten. Im Durchschnitt aller Standorte und Arten war der Nachsaaterfolg in den ersten zwei Jahren nach Bandfrässaat deutlich größer als bei der herkömmlichen Schlitztechnik.

Von den verwendeten Arten konnten aber nur wenige nachhaltig etabliert werden. An 6 von 8 Standorten war die wichtigste Pflanzenart das Deutsche Weidelgras. Die weidelgrasarmen Standorte Amelinghausen und Kranenburg ließen sich durch eine Nachsaat dieser Art nicht nachhaltig verbessern, weil die Nährstoffverfügbarkeit bzw. die Wasserversorgung der Standorte hierfür nicht ausreichte.

Weidelgrasreiche Standorte wurden durch die Nachsaaten mit Weidelgras kaum positiv beeinflusst. Wiesenlieschgras zeigte bei Bandfrässaat einen mittleren bis guten Aufgang (3-70 %); nach Schlitzsaat wurden dagegen keine wesentlichen Ertragsanteile (0-10 %) bonitiert.

Der einzige Nachsaaterfolg für Rotschwingel wurde bei Bandfrässaat auf dem leichten Standort in Amelinghausen (Heide) nachgewiesen; nach anfänglich zögerlicher Entwicklung nahm der Rotschwingelanteil von 10 % im Mai 2008 auf 50 % im Mai 2009 zu.

Knaulgras konnte erfolgreich mit Bandfrässaat etabliert werden. Der Knaulgrasanteil betrug zum 1. Aufwuchs 2009 auf den Standorten Riswick, Ottbergen, Amelinghausen, Ehrenburg und Trenthorst 10 bis 33 %. In Harriersand (Wesermarsch) wurde kein Knaulgras etabliert, in Kranenburg (trockener Sand) lag der Knaulgrasanteil dagegen bei 5 bis 8 %.

Nach Schlitzsaat von Knaulgras wurden zwei Jahre nach der Maßnahme nur auf dem Standort Amelinghausen Anteile bis 17 % erzielt.

Hornklee wurde durch das Verfahren Bandfrässaat auf niedrigem bis mittlerem Niveau (1-8 % Deckungsgrad) etabliert.

Der Wiesenschweidel kann mit Bandfrässaat sehr gut etabliert (40-70 %) werden, bei der Schlitzsaat erreichte er ein Niveau von immerhin noch 10-15 %. Auf dem dritten Standort Harriersand ging der Anteil nach zunächst guter Etablierung in beiden Nachsaatvarianten wieder deutlich zurück (<10 %).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Etablierungserfolg von Nachsaaten mit Bandfrässaat höher ist als bei herkömmlicher Schlitzsaattechnik. Leichte Standorte sind grundsätzlich besser für das Verfahren Bandfrässaat geeignet als schwere tonhaltige Böden.

Als nachsaatwürdig haben sich unter den Bedingungen der Bandfrässaat alle verwendeten Arten gezeigt, sofern die standörtlichen Bedingungen geeignet sind und die allgemeinen Wuchsbedingungen günstig gestaltet werden. Weidelgras und Wiesenschweidel sind immer auf günstige Nährstoffversorgung angewiesen und können dann auch nachhaltig etabliert werden. Wiesenlieschgras behauptet sich bei Bandfrässaat auf den eher frisch-feuchten Standorten (Ehrenburg), während Knaulgras an sommertrockenen, sandigen Standorten (Amelinghausen) durch das gleiche Ansaatverfahren besser etabliert werden kann. Hornklee lässt sich durch das Bandfrässaatverfahren auf leichten Böden etablieren. Rotschwingel scheint dagegen nur für sehr extensive und magere Standorte (Amelinghausen) geeignet.

Die Versuche wurden gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau, FKZ: 07OE012 -07OE022.

PROGRASS – Erhalt von Naturschutzgrünland durch eine dezentrale energetische Verwertung

Lutz Bühle*, Iain Donnison**, Katrin Heinsoo***, Karl-Heinz Südekum**** und Michael Wachendorf*

Einleitung

Artenreiche Grünlandbestände sind vielerorts durch eine rückläufige Bewirtschaftung bedroht. Zum Erhalt der vorherrschenden Vegetationen ist eine regelmäßige und extensive Nutzung in weiten Teilen vorgeschrieben (Anonymus 1992). Aufgrund der Qualität der Biomasse ist eine Verwertung der Biomasse über die tierische Veredelung oft unrentabel.

Im PROGRASS-Projekt wird mit dem Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) ein technischer Ansatz untersucht und demonstriert, mit dem über die energetische Verwertung des Grünlands eine Perspektive für den Erhalt der Flächen und einen Beitrag zur regenerativen Energieerzeugung erreicht werden soll (Wachendorf et al. 2009).

Der Beitrag beschreibt erste Ergebnisse über Produktivitäten und Qualitäten des Extensivgrünlands in Deutschland, Wales und Estland anhand der 18 untersuchten Bestände sowie die technische Konzeption des mobilen Anlagenprototypen, anhand dessen die technische Umsetzbarkeit der Technologie an den genannten Partnerstandorten untersucht werden soll.

Material und Methoden

Anhand von jeweils 6 Grünlandstandorten in Deutschland, Wales und Estland werden Biomasseproduktivitäten und -qualitäten sowie Entwicklungen der Biodiversität über 3 Jahre untersucht. Darüber hinaus werden stoffliche Betrachtungen bei der Konversion der als Silage konservierten Biomassen in die Produkte Festbrennstoff (Presskuchen) und Biogassubstrat (Presssaft) durchgeführt. Einen weiteren Untersuchungsgegenstand bildet die Machbarkeit des bisher im Labormaßstab untersuchten Verfahrens im kontinuierlichen Anlagenbetrieb anhand des eigens für das PROGRASS-Projekt gebauten Prototypen. Die mobile Prototypanlage ist transportabel in zwei Containern untergebracht und für die Verarbeitung von 400 kg Silage pro Tag ausgelegt. Die wesentlichen Komponenten sind die hydrothermale Konditionierung und mechanische Entwässerung der Biomasse sowie die Trocknung des Presskuchens und die Vergärung des Presssaftes zu Biogas und dessen anschließende thermische Nutzung. Der Prototyp wird an allen Standorten jeweils einmal pro Jahr in 2010 und 2011 betrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Deutschland und Wales ausgewählten Grünlandbestände befinden sich im Wesentlichen in Mittelgebirgslagen und weisen eine Produktivität von ca. 3 bis 6 t TM ha⁻¹ a⁻¹ auf. Die Versuchsflächen in Estland liegen hauptsächlich in überflutungsgefährdeten Niederungen und verfügen über sehr geringe Erträge. Zum Zeitpunkt der Ernte (DE: 13/07 - 08/09/2009, UK: 27/07 - 22/09/2009, EE: 29/06 - 01/07/2009) war die Blüte der meisten Pflanzen abgeschlossen. Tab. 1 zeigt die

* Universität Kassel, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen

** Aberystwyth University, Gogerddan, Aberystwyth, SY23 3EB, UK

*** Estonian University of Life Sciences, Riia 181, Tartu 51014, Estland

**** Universität Bonn, Endenicher Allee 15, 53115 Bonn,

pflanzensoziologische Zuordnung der Versuchsfleichen in NATURA 2000 Lebensraumtypen, die Hauptbestandsbildner sowie die Hohenlagen und die Ertrage des ersten Versuchsjahres.

Tab. 1: Lebensraumtypen, Artenzusammensetzung, Hohenlage und Ertrage der Versuchsfleichen in Deutschland, Wales und Estland

NATURA-Lebensraumtyp und -code	Hauptbestandsbildner	Höhe	Ertrag
Versuchsfleichen in Deutschland		m ü. NN	t TM ha ⁻¹ a ⁻¹
Magere Flachland-Mähwiese (6510)	<i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Crepis biennis</i>	570	5,2
Magere Flachland-Mähwiese (6510)	<i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Trifolium pratense</i>	420	4,7
Berg-Mähwiese (6520)	<i>Festuca rubra</i> , <i>Deschampsia</i> <i>cespitosa</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	580	4,3
Artenreicher montaner Borstgrasrasen auf Silikatboden (6230)	<i>Festuca rubra</i> , <i>Poa chaixii</i> , <i>Nardus stricta</i>	580	3,5
Pfeifengraswiese auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluff. Boden (6410)	<i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Selinum</i> <i>carvifolia</i>	500	6,1
Feuchte Hochstaudenflur (6431)	<i>Scirpus sylvatica</i> , <i>Carex disticha</i> , <i>Calamagrostis canescens</i>	380	7,6
Versuchsfleichen in Wales			
Noch renaturierungsfähiges degradiertes Hochmoor (7120)	<i>Molinia caerulea</i> , <i>Juncus</i> <i>acutiflorus</i> , <i>Agrostis canina</i>	190	3,6
Noch renaturierungsfähiges degradiertes Hochmoor (7120)	<i>Juncus effusus</i>	160	5,3
Noch renaturierungsfähiges degradiertes Hochmoor (7120)	<i>Juncus effusus</i>	400	6,4
Trockene europäische Heide (4030)	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Nardus</i> <i>stricta</i> , <i>Festuca ovina</i>	560	5,0
Nicht klassifizierbar Flächenmoor (7130)	<i>Pteridium aquilinum</i> <i>Nardus stricta</i> , <i>Festuca ovina</i>	300 440	4,8 2,5
Versuchsfleichen in Estland			
Nordboreale Auenwiese (6450)	<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>	40	3,2
Artenreicher, mesoph., trockener Rasen der nied. Lagen Fennoskandiens (6270)	<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i>	40	3,8
Wiese mit Gehölzen in Fennoskandien (6530)	<i>Scorzonera humilis</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>	60	1,0
Nordboreale Auenwiese (6450)	<i>Carex disticha</i> , <i>Carex cespitosa</i>	40	4,1
Artenreicher, mesoph., trockener Rasen der nied. Lagen Fennoskandiens (6270)	<i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i>	40	3,5
Wiese mit Gehölzen in Fennoskandien (6530)	<i>Galium boreale</i> , <i>Anthriscus</i> <i>sylvestris</i>	60	1,7

Literatur

- Anonymus 1992: Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. The council of the European communities.
- Wachendorf M., F. Richter, T. Fricke, R. Graß, R. Neff 2009: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. I. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. Grass and forage science 64: 132-143.

Einfluss von Cellulasen und Hemicellulasen als Silierzusatzstoffe für Biomassen von Extensivgrünland auf Stickstoffdynamik und Biogasproduktion im IFBB-Verfahren und Ganzpflanzenvergärung

Lutz Bühle, Benjamin Bauer und Michael Wachendorf

Einleitung

Aufwüchse von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen sind wegen natur-schutzfachlichen Vorgaben für späte Schnitttermine zur Ernte durch niedrige Verdaulichkeiten gekennzeichnet, weshalb sie für die tierische Veredelung und die Biogasvergärung ungeeignet sind. Zudem bringen sie wegen hoher Mineralstoff- und Stickstoffgehalte Probleme in der direkten thermischen Verwertung mit sich.

Im Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) wird über hydrothermale Konditionierung und mechanische Entwässerung der Biomasse eine Auftrennung zu einer Feststoffphase für die Brennstoffnutzung und einer Flüssigphase für die Biogasproduktion erreicht (Wachendorf et al. 2009). Im Bereich der Mineralstoffe wird eine deutliche Reduktion im Brennstoff erreicht. Problematisch ist bislang vor allem der Stickstoffgehalt, welcher in bisherigen Versuchen reduziert, aber nicht auf das qualitative Niveau von Holzbrennstoffen angenähert werden konnte (Richter et al. 2010).

Das Ziel dieser Arbeit ist, den Einfluss von Cellulasen und Hemicellulasen als Silierzusatz auf die Stickstoffdynamik im IFBB-Verfahren zu untersuchen.

Material und Methoden

Gegenstand der Untersuchung war Biomasse von extensiv genutzten mageren Flachland-Mähwiesen mit den Hauptbestandbildnern *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris*. Es wurden zwei unterschiedliche Flächen in jeweils dreifacher Wiederholung beprobt. Die Ernte erfolgte Mitte Juli, das Erntegut wurde vor der Silierung mittels Häcksler auf eine Schnittlänge von ca. 5 cm zerkleinert. Neben der unbehandelten Kontrollvariante wurde die zweite Variante während des Einsilierens mit einem Cellulase-/Hemicellulasepräparat (MethaPlus[®] S/L 100), das ein Enzymprodukt des Pilzes *Trichoderma reesei* ist, in wässriger Lösung besprüht. Die Applikationsmenge betrug 150 g Flüssigpräparat pro t oTS. Die Kontrollvariante wurde mit der entsprechenden Menge Wasser besprüht. Die Silage wurde in 60-l-Kunststoffdeckelfässern hergestellt. Die Silierdauer betrug 70 Tage bei durchschnittlich 18°C. Die hydrothermale Konditionierung der Silage erfolgt bei 40°C im Verhältnis 1:4 von Silage zu Wasser für eine Dauer von 20 min. Die Entwässerung der Maische wurde mittels Schneckenpresse bei einer Schneckensteigung von 1:6 und einer Siebkorbblockung von 1,5 mm durchgeführt. Die Drehgeschwindigkeit betrug 6 U/min.

Die Bestimmung der Elemente C, N und H in Silage und Presskuchen wurde mit Hilfe des vario MAX CHN-Analysator (Fa. elementar, Hanau) durchgeführt, die Elemente Ca, Cl, K, Mg, P und S wurden durch Röntgenfluoreszenzanalyse bestimmt. Die Gaserträge und -qualitäten bei der Vergärung der Presssäfte und der Ganzpflanzensilagen wurden mit einer Methode nach Zerr (2006) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die hydrothermale Konditionierung konnten für beide untersuchten Grünlandbestände nur geringe Reduktionen des Stickstoffs im Vergleich zu den

Gehalten der Silage erreicht werden (Abb. 1). Deutlich größer fiel die Reduktion der Mineralstoffe aus. Im Besonderen konnten die Gehalte an Kalium, Chlor, Phosphor und Natrium verringert werden. Auch die Konzentrationen von Calcium, Magnesium und Schwefel wurden deutlich gesenkt. Für beide Standorte konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Presskuchenqualitäten aus unbehandelter und Enzym behandelter Silage festgestellt werden.

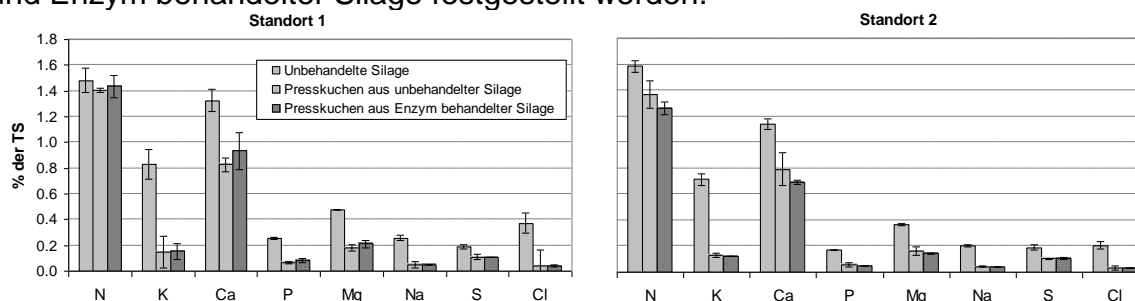


Abb. 1: Inhaltsstoffkonzentrationen der unbehandelten Silage von Extensivgrünland und des daraus hergestellten Presskuchens sowie des Presskuchens aus Enzym behandelter Silage von 2 Standorten

Ein signifikanter Unterschied durch die Enzymbehandlung hinsichtlich der Gaserträge konnte nur bei der Vergärung der Ganzpflanzensilage an Standort 1 nachgewiesen werden (Tab. 1). Insgesamt erreichte die Presssaftvergärung bezogen auf die Trockenmasse deutlich höhere Methanausbeuten im Vergleich zu den Ganzpflanzensilagen. Die Ursachen für die geringe Wirksamkeit des Enzympräparats während der Silierung liegen vermutlich im geringen Temperaturbereich der Silierung. Die relative Aktivität der Enzyme von 10 % bezogen auf das Temperaturoptimum von 60 °C konnte auch durch die lange Silierdauer nicht kompensiert werden. Eine Mobilisierung von Inhaltsstoffen, insbesondere Stickstoff, konnte dementsprechend nicht festgestellt werden.

Tab. 1: Methanausbeuten bei der Vergärung von unbehandelter und Enzym behandelter Ganzpflanzensilage sowie der daraus hergestellten Presssäfte

Standort	Variante	Methanausbeute [l _N CH ₄ kg oTS ⁻¹]	
		Ganzpflanzensilage	Presssaft
1	unbehandelt	197	301
	Enzym behandelt	220	314
2	unbehandelt	242	317
	Enzym behandelt	252	299

Literatur

- Wachendorf M., F. Richter, T. Fricke, R. Graß, R. Neff 2009: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. I. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. *Grass and forage science* 64: 132-143.
- Richter F., T. Fricke, M. Wachendorf 2010: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. III. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on solid fuel properties and on energy and greenhouse gas balances. *Grass and forage science* 65: 185-199.
- Zerr W. 2006: Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. *UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 18: 219–227.

Energieproduktion aus Grünlandpresssäften im IFBB-Verfahren in Abhängigkeit von Schnitzeitpunkt und hydrothermaler Konditionierung

Felix Richter, Thomas Fricke und Michael Wachendorf

Einleitung

Bei der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB) wird aus Silagepresssäften Biogas gewonnen (Richter et al. 2009). Der daraus im BHKW erzeugte Strom kann in das öffentliche Netz eingespeist werden, während die entstehende Abwärme verfahrensintern vollständig genutzt wird. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Schnitzeitpunkt und hydrothermaler Konditionierung von Grünlandbiomasse auf die Energieproduktion des Grünlandpresssaftes zu ermitteln.

Material und Methoden

Eine Glatthaferwiese wurde an acht aufeinander folgenden Terminen zwischen dem 27. April und dem 21. Juni 2007 beerntet, die Biomasse einsiliert und die Silage nach einer hydrothermalen Konditionierung bei unterschiedlichen Temperaturen (10, 30, 50, 70 und 90°C) sowie ohne hydrothermale Konditionierung in einen Presssaft (PS) und einen Presskuchen (PK) separiert. Methanausbeuten der unterschiedlichen PS und der Silage wurden in Gärversuchen im Batch-Verfahren ermittelt. In der Silage wurde der Gehalt der Neutralen Detergentien Faser (NDF) nach Bassler (1976) ermittelt. Die Gehalte an Trockenmasse (TM) und Asche (und daraus die organische Trockensubstanz, oTS) wurden in der Silage und im PS nach Trocknung bei 105°C und Veraschung bei 550°C ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die spezifischen Methanausbeuten der unbehandelten Silage nahmen mit fortschreitendem Erntetermin von 388 auf 285 $L_N \text{ kg}^{-1}$ oTS ab (Abb. 1A).

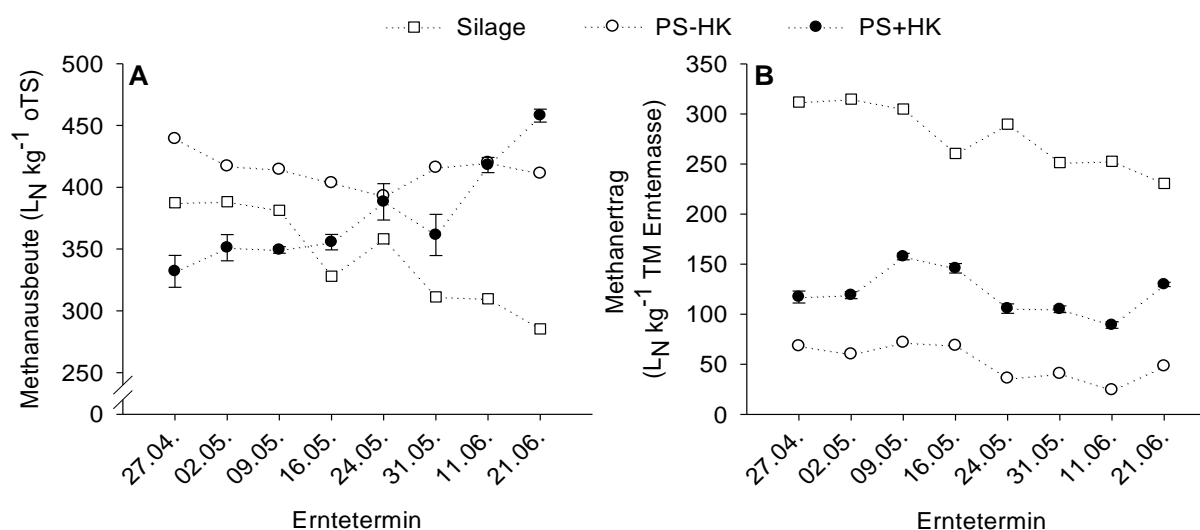


Abb. 1: (A) Spezifische Methanausbeuten und (B) auf die Erntemasse bezogene Methanerträge von Silage und IFBB Presssäften ohne (PS-HK) sowie mit (PS+HK, Mittelwert aus fünf Varianten mit Standardfehler) hydrothermalen Konditionierung

Im Gegensatz dazu stiegen die Methanausbeuten der PS nach hydrothormaler Konditionierung (PS+HK) von 332 auf 458 L_N kg⁻¹ oTS an, während die Presssäfte ohne hydrothermale Konditionierung (PS-HK) durchgängig hohe Methanausbeute von 393-439 L_N kg⁻¹ oTS erzielten. Bezogen auf die geerntete Biomasse betrugen die Methanerträge der Silage am ersten Erntetermin das 2.7-fache und am letzten Erntetermin das 1.8-fache der Methanerträge von PS+HK (Abb. 1B). Im Vergleich zu PS-HK waren die Faktoren 4.6 am ersten und 4.8 am letzten Erntetermin.

In einer multiplen Regression ergab sich folgendes Modell für die Abschätzung der Energieproduktion des PS (EPS) aus dem NDF-Gehalt der Silage (NDF), der Konditionierungstemperatur (T) und dem TM-Gehalt der Silage (TM) mit $R^2=0.91$ ($P<0.001$): $EPS = -0.0995 + 0.0015 \cdot NDF + 0.0003 \cdot T - 0.0004 \cdot TM - 0.000005 \cdot NDF \cdot TM + 0.000005 \cdot TM^2$. Es bestand keine signifikante Interaktion zwischen T und TM, wobei EPS umso größer war, je höher T lag (Abb. 1A). Die signifikante Interaktion zwischen NDF und TM bedeutete, dass bei steigendem NDF (Alterung des Bestandes) eine höhere EPS erzielt wurde, wenn TM niedrig war und eine geringere EPS erzielt wurde, wenn TM hoch war.

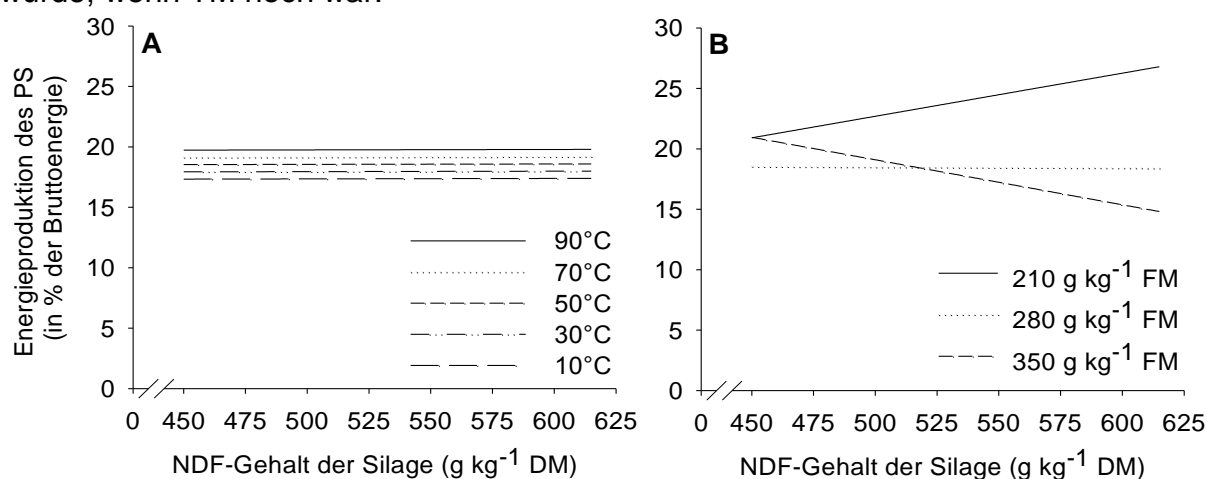


Abb. 2: Beziehung zwischen der Energieproduktion aus dem Presssaft (PS) und (A) der Interaktion zwischen NDF-Gehalt der Silage und der Konditionierungstemperatur bei einem mittleren TM-Gehalt der Silage von 280 g kg⁻¹ FM und (B) der Interaktion zwischen NDF-Gehalt und TM-Gehalt der Silage bei einer mittleren Konditionierungstemperatur von 50°C.

Die Energieproduktion aus Grünlandpresssäften nach dem IFBB-Verfahren kann demnach durch eine Erhöhung der Konditionierungstemperatur bzw. durch die Erhöhung des NDF-Gehaltes der Silage (Alterung des Bestandes) bei gleichzeitig geringen TM-Gehalten erhöht werden.

Literatur

- Bassler R. 1976: Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, mit Ergänzungslieferungen 1983, 1988 und 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Richter F., R. Graß, T. Fricke, W. Zerr, M. Wachendorf 2009: Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. II. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on anaerobic digestion of press fluids. Grass and Forage Science 64: 354-363.

Einfluss der Artenzahl und des Vorkommens von Leguminosen auf Brennwert und Energieertrag extensiver Grünlandflächen

Jan Harndorf*, Thomas Fricke*, Wolfgang W. Weisser**, Alexandra Weigelt** und Michael Wachendorf*

Einleitung

Die extensive Bewirtschaftung von Grünlandflächen steht in engem Zusammenhang mit einer hohen Artenzahl der Bestände. Dieser, hinsichtlich des Natur- und Artenschutzes, positive Zusammenhang ist nur schwer mit den Anforderungen der Leistungsfütterung an die Futterqualität in Verbindung zu bringen. Die Grünlandnutzung zu Futterbauzwecken und die extensive Nutzung in Mittelgebirgslagen sind schon seit Jahren rückläufig. Es besteht daher Bedarf an einer alternativen Nutzung, um eine wirtschaftlich rentable Lösung zum Erhalt dieser Flächen zu finden. Hierbei kann die Verwertung des Grünlandaufwuchses zur Bioenergiegewinnung durch Verbrennung oder Vergärung einen wichtigen Beitrag leisten. Um ein besseres Verständnis von den Zusammenhängen zwischen Artenzusammensetzung und bioenergetischer Eigenschaften des Grünlands zu bekommen, wurden die Sommer- und Herbstaufwüchse des Jena-Experiments (DFG-Forschergruppe 456) aus dem Jahr 2008 und 2009 entlang des dort angelegten Diversitätsgradienten auf ihren Brennwert und Energieertrag untersucht, mit besonderem Fokus auf das Vorkommen bzw. Nichtvorkommen von Leguminosen.

Material und Methoden

Pflanzenbestände aus dem Artenpool der Glatthaferwiesen wurden mit steigender Artenzahl (1 - 60 Arten) auf einer, seit den 60er Jahren ackerbaulich genutzten Fläche nahe dem Saale-Ufer bei Jena im Jahr 2002 etabliert. Im Vorfeld wurden die 60 Arten in vier funktionelle Gruppen (Gräser, Leguminosen, kleine und große Kräuter) unterteilt. Der Versuchsaufbau basiert auf einer vollständig randomisierten Blockanlage mit 82 Parzellen der Größe 20 x 20m. Auf diesen Parzellen wurden (in 4-facher Wiederholung) alle möglichen Kombinationen von Artenzahl x Anzahl funktionaler Gruppen realisiert (Roscher et al. 2004). Zum Erhalt der Zielbestände wurden die Parzellen regelmäßig gejätet. Eine Düngung fand nicht statt. Von allen 82 Plots wurden in den Jahren 2008 und 2009, von den Sommer- als auch von den Herbstaufwüchsen, 300 g Frischmasseproben (Stoppelhöhe 5 cm) aus einem repräsentativen Bereich in der Kernzone der Parzelle genommen. Die geerntete Biomasse wurde bei 65°C 48 Stunden getrocknet. Der Brennwert des Aufwuchses wurde ermittelt über eine Elementaranalyse von Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff (vario MAX CHN, Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Deutschland) und anschließender Berechnung des Heizwertes nach Friedl et al. (2005).

Ergebnisse und Diskussion

Der Brennwert des Aufwuchses, gemittelt über die Jahre 2008 und 2009, blieb sowohl im ersten (17.73-18.84 MJ kg⁻¹ TM) als auch im zweiten Schnitt (16.47-18.73 MJ kg⁻¹ TM) konstant entlang des Diversitätsgradienten (Abb.1) und liegt bei einem für diese Art von Aufwuchs typischen Energiegehalt von 18 MJ kg⁻¹ TM. Das Vorkommen von Leguminosen hat einen signifikant positiven Effekt auf den Brennwert (Tab.1) sowohl im ersten als auch im zweiten Aufwuchs. Dies kann

* Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaften und Nachwachsende Rohstoffe

** Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ökologie

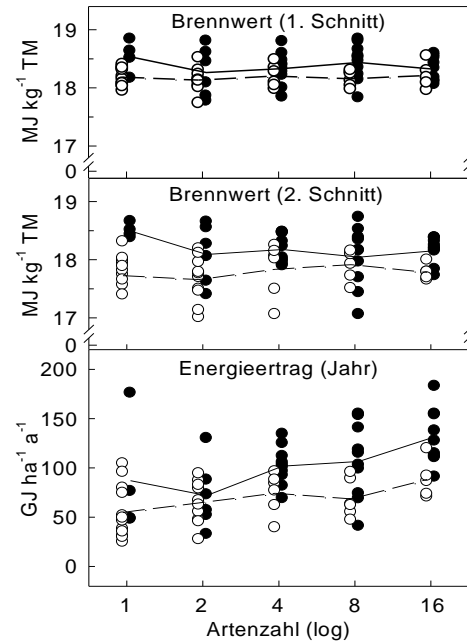
zurückgeführt werden auf einen, im Vergleich mit Gräsern desselben Entwicklungsstandes, höheren Ligningehalt der Leguminosen. Das Lignin hat einen um etwa 20 % höheren C-Gehalt als Cellulose und wirkt sich damit positiv auf den Brennwert aus.

Der Energieertrag ($24.78-195.38 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$), als Produkt aus Brennwert und TM-Ertrag, steigt signifikant mit zunehmender Artenzahl (Abb.1, Tab.1). Dies ist bedingt durch den TM-Ertrag ($1.38-10.82 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), der ebenfalls mit der Artenzahl positiv korreliert ist. Das Vorkommen von Leguminosen hat, wie auch schon beim Brennwert, einen positiven Einfluss auf den TM-Ertrag und den Energieertrag.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass artenreichere (extensive) Grünlandbestände durch ihren höheren Energieertrag ein erhöhtes Potenzial für eine wirtschaftliche Nutzung als Brennstoff haben. Das Vorkommen von Leguminosen spielt hierbei eine wichtige Rolle.

Abb. 1: Einfluss des Vorkommens von Leguminosen mit zunehmender Artenzahl auf den Brennwert sowie den Jahresenergieertrag. Die dargestellten Werte sind die Mittelwerte der beiden Jahre. Die Daten wurden zur Veranschaulichung entlang der X-Achse gegeneinander verschoben.

- mit Leguminosen — Mittelwerte der Diversitätsstufen mit Leguminosen
- ohne Leguminosen ---- Mittelwerte der Diversitätsstufen ohne Leguminosen



Tab. 1: Ergebnisse der Varianzanalyse von Brennwert ($\text{MJ kg}^{-1} \text{ TM}$) des 1. und 2. Schnittes, TM-Ertrag ($\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) sowie Energieertrag ($\text{GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) gemittelt über die beiden Jahre. Die Pfeile weisen auf positive (\uparrow) bzw. auf negative (\downarrow) Effekte des jeweiligen Faktors hin. Die Artenzahl (AZ) floss logarithmiert in die Analyse mit ein.

Faktor	DF	1. Schnitt		2. Schnitt		Jahr		Jahr	
		Brennwert		Brennwert		TM-Ertrag		Energieertrag	
		F	p	F	p	F	p	F	p
Block	3	4.16	0.009	2.57	0.060	2.73	0.050	2.93	0.040
Log (AZ)	1	0.38	0.537	1.27	0.263	49.69	<0.001 \uparrow	52.91	<0.001 \uparrow
Lg ¹	1	13.98	<0.001 \uparrow	20.89	<0.001 \uparrow	14.16	<0.001 \uparrow	16.40	<0.001 \uparrow
Gr ²	1	12.53	<0.001 \downarrow	0.11	0.746	0.61	0.438	0.59	0.444

Residuen 75

¹Leguminosen, ²Gräser

Literatur

Friedl A., E. Padouvas, H. Rotter, K. Varmuza 2005: Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Analytica Chimica Acta* 544: 191-198.

Roscher C., J. Schumacher, J. Baade, W. Wilcke, G. Gleixner, W.W. Weisser, B. Schmid, E.-D. Schulze 2004: The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. *Basic Appl. Ecol.* 5: 107-121.

Wirkung von Biogasgärrückständen auf Abundanz und Biomasse von Lumbriciden

Barbara Elste*, Sabine Tischer** und Olaf Christen***

Einleitung

Neben der Erzeugung von Biogas entstehen bei der anaeroben mikrobiellen Vergärung auch Fermentationsrückstände. Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der ausgebrachten Biogasgärrückstände auf Bioindikatoren, im Speziellen auf die Regenwurmabundanz und -biomasse zu beurteilen.

Material und Methoden

In zwei einfaktoriell angelegten Feldversuchen in Cunnersdorf (Bodenart Ap-Horizont: Slu, Bodentyp: Parabraunerde-Pseudogley, mittl. Jahrestemperatur bzw. -niederschlag 8,9°C / 619 mm) und Pfahlheim (Bodenart Ap-Horizont: Lu, Bodentyp: Parabraunerde, mittl. Jahrestemperatur bzw. -niederschlag 7,7°C / 840 mm) wurde der Einfluss unterschiedlicher Düngungsstrategien auf die Regenwurmabundanz und -biomasse untersucht. Verglichen wurden die Varianten Gärrest, Rohgülle, Mineraldünger und eine ungedüngte Variante. Der Regenwurmfang erfolgte vier Wochen nach der Düngung mittels einer Kombination aus Handauslese bis 30 cm Bodentiefe und anschließendem Formalinaustrieb.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Cunnersdorf sind Regenwurmabundanz und -biomasse in den Varianten mit Rohgülle und Gärrest höher als in den übrigen Prüfgliedern (Tab. 1) Dies könnte Folge von Wanderungsbewegungen der Regenwürmer sein. Der Versuchsaufbau erlaubt die Einwanderung in die vom Nahrungsangebot attraktiveren Varianten. Ehrmann (1996) wies nach, dass Regenwürmer eine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzen. Zudem ist die Altersstruktur zugunsten der juvenilen Tiere verschoben. Bei der Artenverteilung (Abb. 1; L) deutet sich eine Abnahme

Tab. 1: Regenwurmabundanz [Ind. m⁻²] und -biomasse [g m⁻²] an den Standorten Cunnersdorf und Pfahlheim (untersch. Buchstaben kennzeichnen Sign. zwischen den Varianten (P≤0,05))

Varianten		Cunnersdorf		Pfahlheim	
		Abundanz [Ind. m ⁻²]	Biomasse [g m ⁻²]	Abundanz [Ind. m ⁻²]	Biomasse [g m ⁻²]
ungedüngt	juvenil	35	12,76	45	17,26
	adult	11	7,87	32	23,69
	Gesamt	46 a	20,63 a	77 a	40,95 a
mineralisch	juvenil	32	7,69	21	7,50
	adult	6	4,37	22	23,50
	Gesamt	38 a	12,06 a c	43 a	31,00 a
Rohgülle	juvenil	72	21,69	26	9,45
	adult	14	15,42	31	36,69
	Gesamt	86 b	37,11 b	57 a	46,14 a
Gärrest	juvenil	62	18,05	27	12,57
	adult	14	11,22	33	31,56
	Gesamt	76 a b	29,27 b c	60 a	44,13 a

* Agrochemisches Institut Piesteritz e.V., Möllendorfer Str. 13, 06886 Lutherstadt Wittenberg

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Bodenkunde und Bodenschutz, Von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle

*** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/Ökologischen Landbau, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle

der endogäischen Lebensform *A. rosea* mit der Ausbringung der Wirtschaftsdünger an. In der Gärrestvariante kommen nur noch die Arten *A. caliginosa* und *L. terrestris* vor.

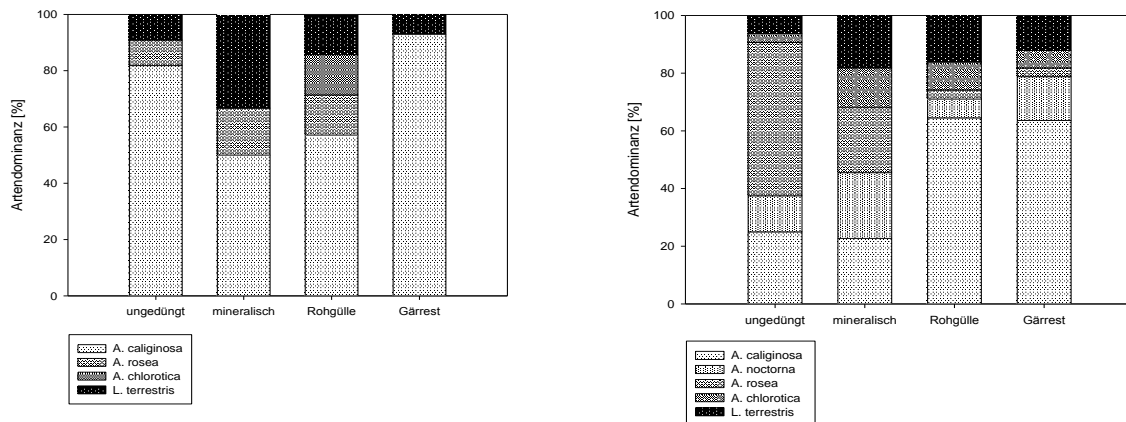


Abb. 1: Artendominanz [%] an den Standorten Cunnersdorf (L) und Pfahlheim (R)

Die Lumbricidenbiomasse in den Varianten mit Rohgülle und mit Gärresten ist am Standort Pfahlheim tendenziell höher als bei Mineraldüngung. Unerwartet wurde die höchste Abundanz in der ungedüngten Variante ermittelt. Dies ist auf die hohe Anzahl an *A. rosea* zurückzuführen. Speziell in Süddeutschland übertrifft diese Art häufig *A. caliginosa* an Besatzdichte. Einer Abnahme der Art *A. rosea* steht die Zunahme von *A. caliginosa* entgegen (Abb. 1; R). Die Applikation von Gärresten bewirkt auf beiden Standorten eine Schmälerung des Artenspektrums. Insbesondere die endogäische Regenwurmart *A. rosea* geht zurück. Dies widerspricht den Untersuchungen von Ernst et al. (2008), bei denen nach einer Gärrestdüngung ein Absinken der Biomasse von *A. caliginosa* zu beobachten war. Die Vergleiche zwischen Rohgülle und Gärreste zeigen sowohl am Standort Cunnersdorf als auch in Pfahlheim keine statistisch gesicherten Unterschiede. Die Untersuchungen von Ernst et al. (2008) belegen hingegen, dass eine Düngung mit konventioneller Gülle eine Steigerung der Regenwurmbiomasse im Vergleich zur fermentierten Gülle zur Folge hat. In beiden Versuchen bieten Gärreste offenbar eine ähnliche Nahrungsqualität bzw. -verfügbarkeit wie die Rohgüllevariante. Speziell bei Rührkesselfermentern, aus denen die Gärreste der beiden Standorte stammen, gelangt ein Teil des Frischsubstrates durch das Vermischen in den Ausläufer (Nitsch et al. 2001), die später als Nahrungsquelle zur Verfügung stehen. Weiterhin werden im Zuge der ständigen und kontinuierlichen Entnahme von Biogasgärrückständen aus dem Fermenter Teile der aktiven Biomasse ausgetragen (Gaul 2008). Diese Anaerobier sterben zwar unmittelbar nach der Überführung in das Gärrestendlager ab, bieten aber dennoch den Regenwürmern eine zusätzliche Nahrungsquelle in Form von Mikrobeneiweiß.

Literatur

- Ehrmann O. 1996: Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften: Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkung auf das Bodengefüge. Universität Hohenheim, Dissertation. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 35: 89-95.
- Ernst G., A. Müller, H. Göhler, C. Emmerling 2008: C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). Soil Biol. Biochem 40: 1413-1420.
- Gaul T. 2008: Effizientere Biogas-Produktion. Energy 2.0- Spezial: Innovative Energieerzeugung, November, S. 25.
- Nitsch J., M. Nast, M. Pehnt, F. Trieb, C. Rösch, J. Kopfmüller 2001: Schlüsseltechnologie Regenerative Energien. Teilbericht im Rahmen des HGF-Projektes „Global zukunftsfähige Entwicklung- Perspektiven für Deutschland“. Stuttgart, Karlsruhe, 284 S.

Arten- und Sortenvergleich von Kurzumtriebshölzern in Bezug auf Flora und Fauna an drei Standorten in Baden-Württemberg

Kristin Nerlich, Frieder Seidl*, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Angesichts deutlich steigender Preise für fossile Energieträger und aufgrund der mittelfristig geschätzten Bedarfssteigerung bei Hackgut und Industrieholz von bis zu 5 % im Jahr (Liebhard 2007), hat die Nachfrage nach Holz zur energetischen Verwertung in den letzten Jahren stark zugenommen. Um diesen Bedarf zu decken, wird dabei zunehmend die Anlage von schnellwachsenden Hölzern auf landwirtschaftlichen Flächen, sog. Kurzumtriebsplantagen (KUP), diskutiert (Schöne 2008).

Im Vergleich zu intensiv genutzten Ackerkulturen bzw. einjährigen Energiepflanzen weisen KUP, durch einen weitgehenden Verzicht an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, eine vorteilhafte Wirkung auf den Boden-, Wasser- und Artenschutz auf (Maier und Vetter 2004).

Ziel des Versuches war die Feststellung von Flora und Fauna (Laufkäfer) in KUP an drei pedoklimatisch unterschiedlichen Standorten in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Art (Weide, Pappel), Sorte und Bestandesalter.

Material und Methoden

Die Versuche wurden im Frühjahr 2008 und 2009 an den drei Untersuchungsstandorten Forchheim (Oberrheinebene), Aulendorf (Oberschwaben) und Kupferzell (Hohenlohe) in gleicher Art und Weise durch das Setzen von Stecklingen angelegt.

Die Feststellung der Begleitvegetation und der Laufkäfer erfolgte darauf in diesem Jahr bei den Weidensorten (*Salix*), Tordis' und ‚Inger' sowie bei den Pappelsorten (*Populus*) ‚AF 2' und ‚Hybride 275'. Die Begleitvegetation wurde einmal monatlich zwischen Mai und Juli durch Bestimmung der Art und deren Deckungsgrad in der Kernparzelle erfasst. In dieser Zeit wurden ebenfalls in regelmäßigen Abständen Laufkäferfallen vom Typ „Barber“ aufgestellt, geleert und die Käfer anschließend ausgezählt. Als Fangflüssigkeit diente Ethylenglykol. Die Konservierung der Käfer erfolgte in 5 %iger Essigsäure. Zum Vergleich wurden dieselben Untersuchungen auch auf Wiesen durchgeführt, die an die Versuchsflächen angrenzten.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchgeführten Bonituren der Begleitvegetation zeigten für die Standorte Forchheim und Kupferzell zwischen den Arten und Sorten sowie des Bestandesalters bei der Pflanzenartenanzahl vergleichbare Werte. In Aulendorf lag die Anzahl der Arten im 1-jährigen Bestand signifikant über denen der 2-jährigen Anlage. Unterschiede in der Artenanzahl zwischen den einzelnen Baumarten und Sorten konnten nicht festgestellt werden. An allen drei Versuchsstandorten waren die Unterschiede zur angrenzenden Wiese sehr gering; die Werte unterscheiden sich nicht signifikant.

Die Ergebnisse der Laufkäferzählung aus den Monaten Mai und Juni sind in Abbildung 1 für alle drei Versuchsstandorte separat dargestellt. Am Standort Forchheim waren die Unterschiede der Laufkäferanzahl in Abhängigkeit des Bestandes-

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, E-mail: knerlich@uni-hohenheim.de

* Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (Forchheim), Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten

alters gering; die Werte unterscheiden sich nicht signifikant. Im Sortenvergleich liegt die Pappelsorte ‚AF 2‘ in der 1-jährigen Anlage signifikant über den Werten der anderen drei Sorten. Die Werte im 2-jährigen Bestand waren sehr ähnlich und nicht signifikant voneinander verschieden. Bei der Anzahl der Käfer gibt es mit Ausnahme der Pappelsorte ‚AF 2‘ (1-jährig), die eine deutlich höhere Anzahl aufwies, keine signifikanten Unterschiede zur Wiese.

Die Laufkäferanzahl am Standort Aulendorf lag in der jüngeren Anlage für die Weidensorte ‚Tordis‘ und Pappelsorte ‚Hybride 275‘ über den Werten der älteren Anlage. Diese Werte sind signifikant verschieden. Die Unterschiede zwischen den Sorten waren sehr gering für den 1-jährigen Bestand. Es kann keine Signifikanz festgestellt werden. Für die Weidensorte ‚Inger‘ und Pappelsorte ‚AF 2‘ konnte im 2-jährigen Bestand im Vergleich zu den anderen beiden Sorten eine signifikant höhere Anzahl an Käfern gezählt werden. Mit Ausnahme der Pappelsorte ‚AF 2‘ weisen alle Sorten (1-jährig) eine signifikant höhere Laufkäferanzahl auf als die Vergleichsfläche.

Aus den Ergebnissen in Abbildung 1 wird deutlich, dass die Laufkäferanzahl am Standort Kupferzell in der 1-jährigen Anlage über denen des 2-jährigen Bestandes sowie der benachbarten Wiese lag. Die Unterschiede sind für alle Sorten signifikant. Die vier Sorten zeigen untereinander für beide Bestandesalter keine signifikanten Unterschiede.

Zwischen den Arten Weide und Pappel konnten weder im jungen noch im alten Bestand an allen drei Versuchsstandorten signifikante Unterschiede bei der Laufkäferanzahl festgestellt werden.

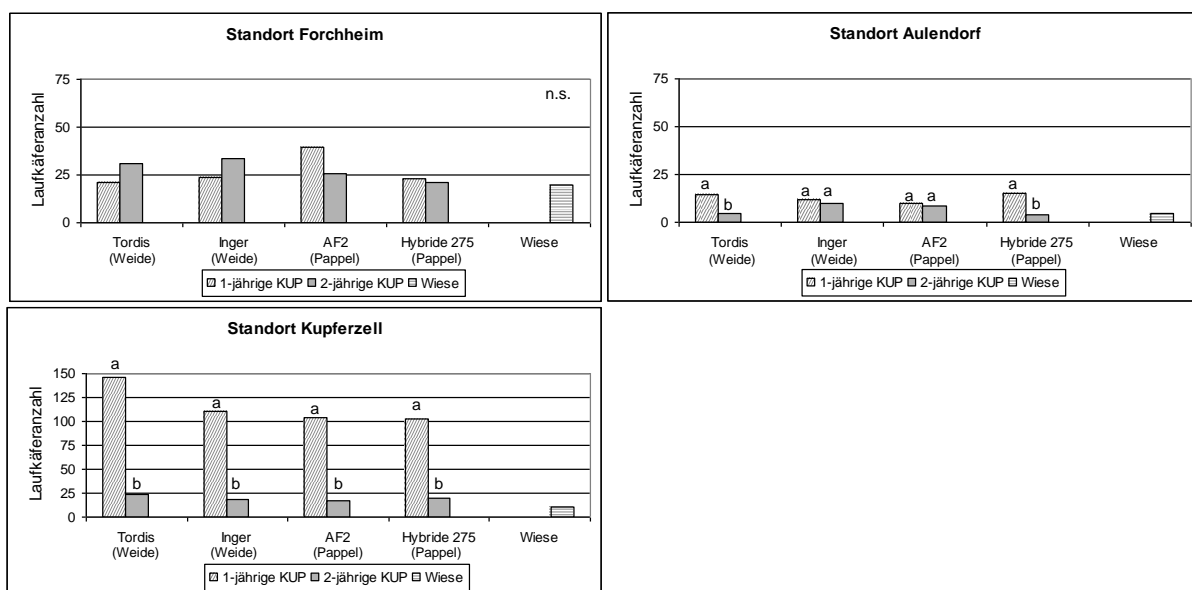


Abb. 1: Laufkäferanzahl der Standorte Forchheim, Aulendorf und Kupferzell für die zwei Weidensorten ‚Tordis‘ und ‚Inger‘ und die zwei Pappelsorten ‚AF 2‘ und ‚Hybride 275‘ in Abhängigkeit vom Bestandesalter sowie für eine angrenzende Vergleichswiese. Säulenwerte, die mit demselben Buchstaben versehen sind, unterscheiden sich nicht signifikant

Literatur

- Liebhart P. 2007: Energieholz im Kurzumtrieb - Rohstoff der Zukunft. Leopold Stocker Verlag, Graz.
 Maier J., Vetter R. 2004: Erträge und Zusammensetzung von Kurzumtriebsgehölzen. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnischer Bericht, Heft 35, Potsdam-Bornim.
 Schöne F. 2008: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft - Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., Berlin.

Entwicklung eines internetbasierten, GIS-gestützten Auskunftssystems zur schlaggenauen Modellierung der Nmin- Gehalte und des Stickstoffhaushalts bei Mais anhand von Referenzflächen

Karl Müller-Sämman¹, Thomas Hölscher¹, Stephen Schremp², Peter Hoffmann²,
Martin Selz³, Christian Schulze⁴ und Eckart Priesack⁵

Einleitung

Mehr Effizienz beim Energie- und Ressourceneinsatz sind Herausforderungen, denen sich alle Sektoren der Wirtschaft stellen müssen. In der Landwirtschaft gilt dies vor allem für die Stickstoffdüngung, weil sie in hohem Maße auch Fragen des Klima- und Gewässerschutzes berührt. Nach den Vorgaben der Düngeverordnung hat die N-Düngung „bedarfsgerecht und verlustarm“ zu erfolgen. Zur Vermeidung von Nährstoffüberschüssen muss deshalb bei der Düngebedarfsermittlung der im Frühjahr im Boden vorhandene mineralisierte Stickstoff berücksichtigt werden. Dies kann in Baden-Württemberg dadurch erfolgen, dass entweder betriebseigene Proben genommen werden oder amtliche, repräsentative Werte des Nitratinformationsdienstes (NID) verwendet werden. Dazu werden im Rahmen des Nitratinformationsdienstes im Land genommene Bodenproben nach Regionen und Kulturen ausgewertet und die Mittelwerte (Median) als jahrestypische Werte im Rahmen der Düngerbedarfsberechnung zugrunde gelegt. In der Praxis bestehen Vorbehalte gegenüber der Aussagekraft dieser NID-Werte am einzelnen Standort. Eigene Beprobungen werden wegen des damit verbundenen Zeit- und Kostenaufwands immer seltener.

Ziel des „Referenz-Projektes“ war es, aufbauend auf dem Fundament von periodischen Nmin-Kontrollbeprobungen auf repräsentativen Flächen, ein innovatives und zeitgemäßes Werkzeug zur ganzjährigen und flächengenauen Simulation und Beauskunftung des Stickstoff- und Wasserhaushalts zu entwickeln. Dabei soll die Zusammenführung der verschiedenen Informationsebenen und die Herstellung des Flächenbezugs über ein geografisches Informationssystem (GIS) erfolgen. Zugang und Nutzung des komplexen Werkzeugs soll einfach über einen Internet-Browser möglich sein.

Material und Methoden

Zur Realisierung des Referenz-Werkzeugs wurde das modular aufgebaute Agrar-Ökosystem-Modell Expert-N verwendet (Priesack 2006). Die Parametrisierung und Kalibrierung für den Maisanbau in der Oberrheinebene erfolgte anhand von Felddaten von 8 Referenz-Flächen während drei Beobachtungsjahren.

Weiterhin ist das Referenz-GIS als Smallworld-GIS-Fachschale, aufbauend auf LIWIS®-AGRAR, realisiert. Die Fachschale ist zentrale (Geo-)Datenbank, übernimmt Aufgaben des automatisierten Datenmanagements und ist Kommunikationsplattform. Sie verwaltet die Nutzereingaben und Anfragen über das Web und übernimmt das Pre-Processing der Expert-N-Eingangsdaten (Boden, Klima, Bewirtschaftung), die

¹ Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften (ANNA), Klarastr. 94, 79106 Freiburg

² GIT HydroS Consult GmbH, Bertoldstr. 61, 79098 Freiburg

³ badenova AG, Tullastr. 61, 79108 Freiburg

⁴ TransMIT GmbH, Kerkrader Str. 3, 35394 Gießen

⁵ Helmholtz Zentrum München, Institut für Bodenökologie, Postfach 1129, 85758 Oberschleißheim

Modellsteuerung, die Auswertung und Aufbereitung der Expert-N Ergebnisse für die Rückgabe über die Referenz WEB-Anwendung.

Referenz-WEB wurde als eigenständige Nutzeroberfläche in PHP entwickelt. Die Speicherung der Bewirtschaftungsdaten übernimmt ein mySQL Datenbankserver, dessen Inhalte mit der Referenz-GIS DB synchronisiert werden. Alle Geodaten für die WEB-Navigation (Flurstücke, Flächen der Bodenschätzung, ALK Grenzen etc.) werden aus dem GIS heraus über einen UMN-Mapserver integriert angeboten. Über die WEB-Oberfläche pflegt der Anwender seine Daten und hat Zugriff auf die modellgestützten Auswertungen in Form von thematischen Berichten.

Ergebnisse und Diskussion

Das „Referenz Werkzeug“ wurde als modellgestützte, GIS-basierte Web-Auskunftslösung realisiert. Es besteht im Kern aus drei zentralen, funktionalen Elementen: dem Agrar-Ökosystem-Modell Expert-N, der Referenz-GIS-Anwendung und der Referenz-Web-Applikation. Das Werkzeug konnte als Prototyp zur Simulation tagesgenauer Berichte zur Entwicklung und zum Stand von Stickstoffgehalt, Wasserhaushalt und Maiswachstum auf allen Flächen im Projektgebiet realisiert werden (URL: www.n-referenz.de/nref/).

Die Modellevaluierung erfolgte für 34 Einzelsituationen an 8 Standorten. Die Ergebnisse wurden mit Messungen und mit den Frühjahrswerten des NID abgeglichen und ergaben das in Abb. 1 dargestellte Bild zur Modellgüte.

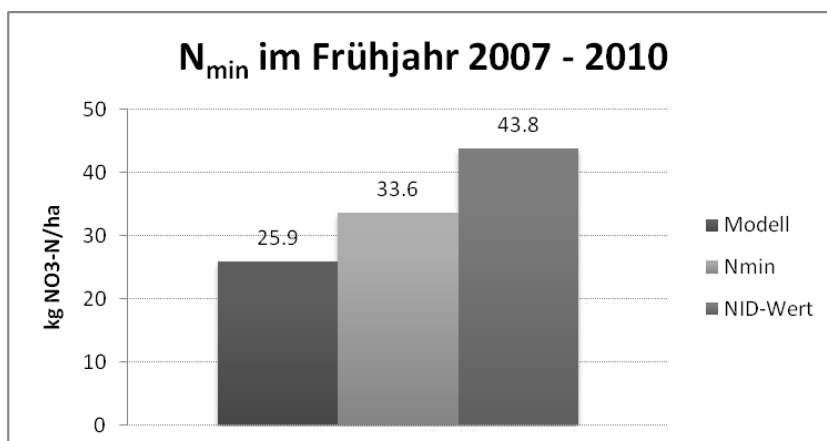


Abb. 1: Mittlere N_{\min} -Werte im Frühjahr in 0 – 90 cm Bodentiefe (n=34)

Nach dieser ersten Bewertung werden die N_{\min} -Werte gegenüber den Messungen mit dem aktuellen Modell noch leicht unterschätzt, liegen aber näher bei den Messwerten als die Richtwerte des NID (Überschätzung). Das Referenz Werkzeug könnte damit ersatzweise und/oder komplementär zum NID angeboten werden. Das Erklärungspotenzial ist dabei in jedem Fall deutlich höher (Auswaschungsvorgänge, Darstellung des Entzugsverlaufs etc.) und die Beprobungen könnten zur Kontrolle auf wenige, gezielt ausgesuchte Flächen beschränkt werden. Sehr gut konnte auch der Bodenwasserhaushalt dargestellt werden, wodurch nur eines der zusätzlich möglichen Anwendungsfelder für das Referenz-Werkzeug aufgezeigt wird.

Projekt wurde durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG gefördert.

Literatur

Priesack E. 2006: Expert-N-Dokumentation der Modellbibliothek. FAM - Bericht, Bd. 60, S. 308.

How to include plant variability into harvest prediction for broccoli?

Karsten Zutz, Andreas Fricke and Hartmut Stützel

Introduction

Harvest maturity and product availability at fixed dates in required quantities and qualities is a prerequisite for assured sales and for fulfilling market requirements and contracts. Broccoli as like cauliflower is one crop known to diverge from planned harvest schedules. Especially the facultative vernalization requirement of broccoli leads to variation in time of maturity and makes it difficult to predict harvest dates and market supply. Another aspect is a strong heterogeneity of single plants observed within individual sets. Therefore predictions about the exact delivery quantity are additionally complicated. A model that predicts exact harvest quantities and realistic harvest windows would be useful to reduce economic losses and is crucial to the minimisation of profit losses for growers and retailers. Most harvest prediction models are deterministic; the output is a predicted median harvest day for one canopy and a given simulation (e.g. Tan et al. 2000). Also the existing models of head induction and growth of broccoli (e. g. Tan et al. 2000) calculate only temperature dependency of organ formation and development in a deterministic way without taking plant variability into account. One opportunity to improve predictions of harvest windows and exact harvest quantities is given by extending the existing deterministic models by including stochastic development of plants. As an example the growth and development in deterministic and stochastic models is shown in Fig.1. The stochastic approach takes size distribution at planting and individual growth and development into consideration and is able to calculate a harvest window based on stochastic data (i.e. $t_{h2} - t_{h1}$) while the deterministic model calculates one median harvest day (i.e., $t_1 - t_0$).

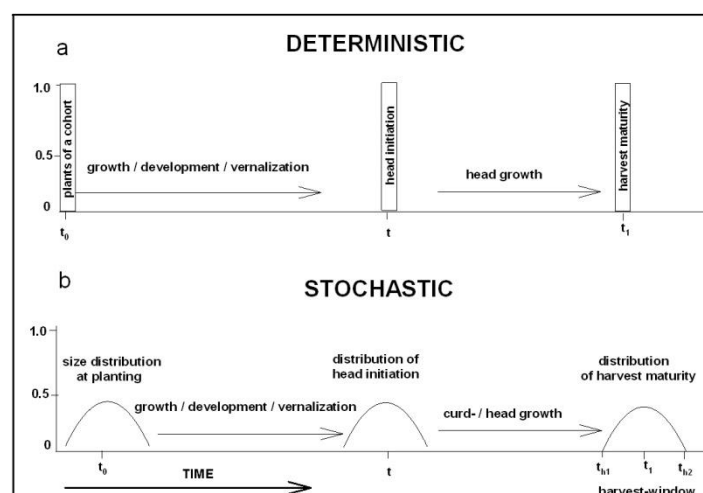


Fig. 1: Deterministic (a) vs. stochastic (b) growth and development of plants within one set planted at time t_0 until the median developmental time for head/curd initiation (i.e., $t - t_0$) and the median developmental time for harvest maturity (i.e., $t_1 - t_0$), Gutierrez et al., 1984, modified.

Literature review

There are several approaches for stochastic modelling in literature. Some of these approaches had been successfully used to describe plant populations and crops e.g.

Leibniz Universität Hannover, Institute of Biological Production Systems, Section systems modelling, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover, E-mail: zutz@gem.uni-hannover.de

Harwood et al. (2010) for iceberg lettuce and Olesen and Grevsen (1999) for cauliflower. The model of Harwood et al. (2010) fits a normal distribution function to the observed plant to plant variation and harvest statistics and creates single plant size cohorts which are growing individually. The model part of Olesen and Grevsen which takes plant to plant variation into account based on the work of Manetsch (1976) and incorporates a time varying distributed delay procedure between plants in the juvenile phase and in time of curd initiation in the model. The plant to plant variation is described by an Erlang density function which calculates the transit time of individual entities through the distributed delay process (Manetsch 1976).

Discussion and perspective experiments

The results and approaches of Olesen and Grevsen (1999) and Harwood et al. (2010) promised to be very useful for the purpose to include plant to plant variability in a harvest prediction model for broccoli. However some points have to be considered:

1. Variation of single plants within single sets:

The variations in growth and development of single plants (i.e. weight or leaf area, end of vernalization) have to be observed in field experiments to fit distribution functions and to parameterize the model. If the variation of single plants is constant between planting and harvest (constant coefficient of variation) a simple size cohort as presented by Harwood et al. (2010) would be sufficient. If the variation of single plants changes the more complex approach of Manetsch (1976) has to be chosen. Experimentally the variation will be determined by destructive and non destructive plant measurements (growth rates and development rates) from planting to harvest.

2. Local differences in the field:

If there is a systematic change in plant to plant variability across a field then it is due to local differences in soil conditions (i.e. soil water content, local compaction) or local differences in microclimate (i.e. temperature). In that case these effects on plant growth and variability must be treated separately in the model and have to be excluded from the size distribution of single plants or cohorts. Methodically this will be considered in logging local data (non destructive plant measurements) and successive geostatistic analyses.

3. Effects of planting dates and temperature on growth and development:

The variation between plants is especially high in summer sets (high temperature conditions). To take this into account different sets with different plantings dates will be planted and observed.

References

- Guitierrez A.P., Pizzamiglio M.A., Dos Santos W.J., Tennyson R. and Villacorta A.M. 1984: A general distributed delay time varying life table plant population model: cotton (*Gossypium hirsutum* L.) growth and development as an example. *Ecol. Modelling* 26: 231-249.
- Harwood T.D., Al Said F.A., Pearson S., Houghton S.J. and Hadley P. 2010: Modelling uncertainty in field grown iceberg lettuce production for decision support. *Computers and Electronics in Agriculture* 71: 57-63.
- Manetsch T.J. 1976: Time varying distributed delays and their use in aggregate models of large systems. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 6: 547-553.
- Olesen. J. E. and Grevsen K. 1999: A simulation model of climate effects on plant productivity and variability in cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). *Scientia Horticulturae* 83: 83-107.
- Tan D.K.Y., Birch C.J., Wearing A.H., Rickert K.G. 2000: Predicting broccoli development II. Comparison and validation of thermal time models. *Scientia Horticulturae* 86: 89-101.

Modelling bolting of sugar beet

Hasan Yaser and Hartmut Stützel

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) belongs to the family *Chenopodiaceae*. Sugar beet is a biennial root crop that usually grows vegetatively in the first; and reproductively in the second year. Exposure to a period of low temperature, termed as vernalization, and subsequent long days initiates stem elongation, known as bolting, in sugar beet plants (Jaggard et al. 1983). Bolting and flowering in the first season is undesirable because it considerably reduces root yield.

The objective of this study was to develop a model that describes bolting of sugar beet genotypes as a function of vernalizing temperatures and to the duration of the vernalization period.

Material and Methods

Seeds of sugar beet genotypes (IL, DH) lines were provided by KWS Company (KWS Saatzucht GmbH, Einbeck, Germany). Time series of 34 sets with two sets per week, each set comprising 12 plants of each of 9 genotypes were planted in small pots and raised in controlled growth chambers for eight weeks at 18/16°C with a 16 h photoperiod and photo synthetically active radiation (PAR) of 80-120 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ above the canopy level provided by white fluorescent lamps (Phillips). Thereafter, for each set two plants of each genotype were transferred into growth chambers with temperatures of 3, 5, 7, 9, 11, and 13°C.

After 7-145 days of cold treatment the plants were transferred into two greenhouses at non-vernalizing temperatures (16 °C in the first week and 18±2°C thereafter and a photoperiod of 18 h achieved with supplemental light provided by incandescent lamps Philips SON-T Agro 400 W, 2.60 m above the canopy level.

The experiment was terminated 70 days after the end of the vernalization treatment.

Daily vernalization rate was calculated as the reciprocal of least number of days in the cold treatment was sufficient to induce bolting.

Results and Discussion

For all genotypes, rate of vernalization showed a trapezoidal response to temperature. A piecewise linear regression model was fitted to the data using nonlinear least squares with the *R* function nls. The genotypes differed in the slopes as well as in the position of the plateau.

References

Jaggard K.W., Wickens R., Webb D.J., Scott R.K. 1983: Effects of sowing date on plant establishment and bolting and the influence of these factors on yields of sugar beet. *Journal of Agricultural Science* 101: 147-161. Longden, P.C. (1987).

Modellansätze zur Prognose von Durchwuchsrap

Heinrich Thöle und Antje Dietz-Pfeilstetter

Ausfallrap gelangt durch Ernteverluste in den Boden, keimt häufig erst nach mehrjähriger Überdauerung und tritt dann als Durchwuchs (oder Altaufschlag) in Nachfrüchten auf. Durchwuchs gentechnisch veränderter (GV) Rapsorten verursacht unerwünschte Beimengungen bzw. Auskreuzungen in konventionelle Rapsbestände, sodass im Extremfall das Erntegut nicht mehr vermarktungsfähig ist, wenn der Schwellenwert für die GV-Kennzeichnung in konventionellen Lebens- und Futtermitteln (0,9 %) überschritten wird (Messéan et al. 2007). Herbizidresistenter Durchwuchsrap kann darüber hinaus in bestimmten Fällen die Unkrautbekämpfung komplizieren bzw. die Kosten erhöhen.

Unterschiedliche Einflussgrößen auf Durchwuchsrap konnten unter definierten Bedingungen festgestellt werden. Wesentliche Faktoren sind die Wahl der Rapsorte und die Bearbeitung des Rapsstoppels. Rapsorten prägen die sekundäre Dormanz, das Vermögen keimfähiger Rapskörner zur Überdauerung im Boden, unterschiedlich aus (Gruber et al. 2009). Wenn sekundäre Dormanz etwa durch unverzügliche Stoppelbearbeitung nach dem Rapsdrusch induziert wird, führt ein hoch dormanter Genotyp zu längerer Samenpersistenz als ein gering dormanter Genotyp. Durch tiefwendende Grundbodenbearbeitung können Samen ebenso länger überdauern. Enge Rapsanbaufolgen können zusätzlich einen höheren Samenvorrat im Boden produzieren als weitere Anbauabstände (Devos et al. 2004). Offenbar besteht auch eine Beziehung zwischen der Textur eines Bodens und der Überdauerungszeit von Rapsdurchwuchs.

In einer Erhebung auf Winterrapsschlägen im Anbaujahr 2009/10 wurde Rapsdurchwuchs bonitiert. Darauf basierend soll ein Prognosemodell abgeleitet werden, mit dem die Einflussgrößen quantifiziert bzw. Effekte und Interaktionen unter praxisnahen Bedingungen veranschaulicht werden. Die Bonituren wurden nach zwei Methoden durchgeführt: 1. Im Herbst 2009 wurde der Durchwuchs in willkürlich angelegten Bestandslücken (Saatfenster) gezählt. 2. Während des Schossens (2010) wurden in Rapsbeständen einer Halbzweig-Hybride deutlich hervorragende Rapspflanzen als mutmaßlicher Durchwuchs erfasst. Eine Bestätigung dieser Klassifizierung erfolgt mittels molekularer Sortenidentifizierung (ISSR-PCR).

Die Durchwuchsbonituren und deren Beziehungen zu den Einflussfaktoren werden als Modellierungsansätze dargestellt.

Literatur

- Devos Y., Reheul D., De Schrijver A., Cors F., Moens W. 2004: Management of herbicide-tolerant oilseed rape in Europe: A case study on minimizing vertical gene flow. *Environ. Biosafety Res.* 3: 135-148.
- Gruber S., Emrich K., Claupein W. 2009: Classification of canola (*Brassica napus*) winter cultivars by secondary dormancy. *Canadian J. Plant Science* 89: 613-619.
- Messéan A., Sausse C., Gasquez J., Darmency H. 2007: Occurrence of genetically modified oilseed rape seeds of subsequent conventional oilseed rape over time. *European J. Agronomy* 27: 115-122.

Umwelt- und Klimawirkungen des „Ewigen Roggen“ – Ergebnisse aus der Systemanalyse REPRO

M. Müller*, H. Eißner**, B. Wagner*, E. Peiter** und O. Christen*

Einleitung

In der heutigen Zeit wird von der Politik, aber auch von der Gesellschaft eine Landwirtschaft erwartet, die nach nachhaltigen Prinzipien wirtschaftet. Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft bedeutet vor allem umweltschonendes Management.

Material und Methoden

Um die Nachhaltigkeit eines Betriebes, einer Fruchtfolge oder eines Schläges zu ermitteln, wurden computergestützte Programme entwickelt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das Nachhaltigkeitsprogramm REPRO ausgewählt. Dieses Programm ist in der Lage, einen Betrieb durch eine Vielzahl von Indikatoren hinsichtlich seiner ökologischen Nachhaltigkeit zu bewerten. Der Landwirtschaftsbetrieb wird hierbei als ein komplexes System von Stoff- und Energieflüssen beschrieben.

Die bewerteten Daten stammen vom Dauerfeldversuch Ewiger Roggen in Halle (Saale). Der Versuch Ewiger Roggen wurde im Jahre 1887 von Julius Kühn auf dem Versuchsfeld der Universität angelegt und umfasst heute, nach einigen Änderungen, drei Abteilungen mit jeweils sechs Düngungsvarianten ohne Wiederholungen. In Abteilung A wird Mais in Monokultur, in Abteilung B wird ein Kartoffel-Winterroggen-Fruchtwechsel angebaut. In Abteilung C wird Winterroggen in Selbstfolge angebaut.

Die Düngungsvarianten sind wie folgt: Eine seit 1953 ungedüngte Variante (StII), eine ungedüngte Variante (U), eine mineralische und organische Volldüngungsvariante (NPK+St), eine mineralische Volldüngungsvariante (NPK), eine Grunddüngungsvariante (PK) und eine Stallmistvariante (StI). Für die Bestimmung der Nachhaltigkeit der einzelnen Düngungssysteme der Abteilungen wurde sich hier auf die Abteilung C, der Winterroggenmonokultur beschränkt und nur die Düngungsvarianten NPK+St und U betrachtet. In der Variante NPK+St werden 60 kg N/ha, 24 kg P/ha und 75 kg K/ha mineralisch gedüngt. Durch die organische Düngung werden 60 kg N/ha ausgebracht, andere Nährstoffe bleiben unberücksichtigt.

Die ökologische Nachhaltigkeit wurde anhand der Indikatoren Energie, Humus, Stickstoff und Phosphor bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Auswertung der Daten im Zeitraum von 1992 – 2008 wurde festgestellt, dass die Nachhaltigkeit nicht in jeder Düngungsvariante und bei jedem Indikator gegeben ist.

Ein Wert $< 0,75$ auf der dimensionslosen y-Achse bestätigt die Nachhaltigkeit des untersuchten Indikators.

* Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ Ökol. Landbau, Betty-Heimann-Str. 5, 06120 Halle (Saale)

** Professur für Pflanzenernährung Betty-Heimann-Str. 3, 06120 Halle (Saale)

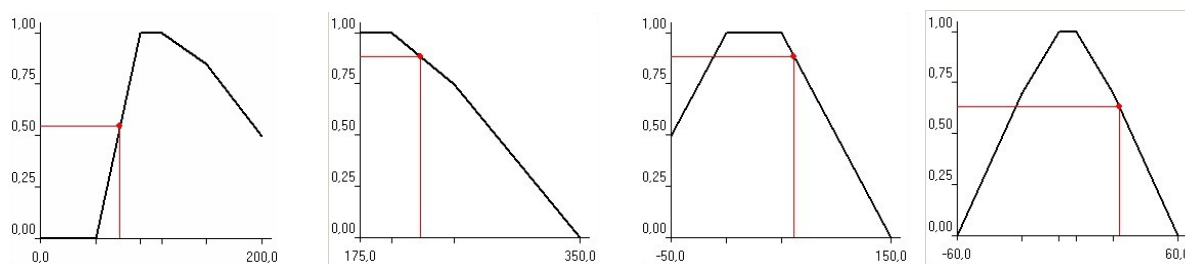


Abb. 1: Normierung der Indikatoren Humusreproduktion (72 %; normiert 0,55), Energieintensität (223 MJ/GE; normiert 0,88), Stickstoffsaldo (62 kg N/ha; normiert 0,88) und Phosphorsaldo (28 kg P/ha; normiert 0,63) (v. links nach rechts) bei der Düngungsvariante NPK+St

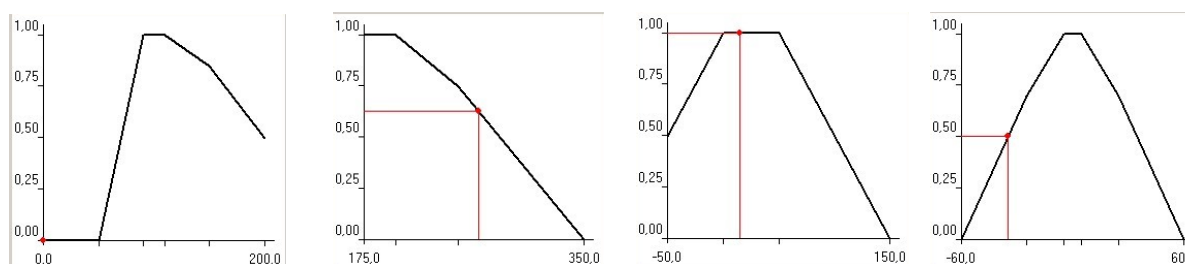


Abb. 2: Normierung der Indikatoren Humusreproduktion (0 %; normiert 0), Energieintensität (266 MJ/GE; normiert 0,63), Stickstoffsaldo (16 kg N/ha; normiert 1) und Phosphorsaldo (-35 kg P/ha; normiert 0,5) (v. links nach rechts) bei der Düngungsvariante U

Bei dem Indikator Humusreproduktion sind beide Düngungsvarianten nicht nachhaltig. Denn es wird nicht so viel Humus nachgeliefert, wie verbraucht wird. Als direkte Humusersatzwirkung des Mineraldüngerstickstoffes beschreibt Leithold (1996) im Unterschied zu ungedüngten Varianten die Erhöhung der Ernte- und Wurzelrückstände und die Aufnahme von Mineraldüngerstickstoff durch die Bodenmikroben, wodurch er direkt zur Bildung von organischer Substanz beiträgt. Weiterhin sagen Leithold et al. (1997), dass eine intakte Humusersatzwirtschaft die Grundlage einer nachhaltigen Pflanzenproduktion darstellt.

Bei der Betrachtung der Energieintensität befindet sich die Variante NPK+St in dem Bereich der mittleren Energieeffizienz und die ungedüngte Variante in einem Bereich der geringen Energieeffizienz. Bei dem Indikator Stickstoffsaldo befinden sich beide Varianten in einem optimalen Bereich, wobei die Variante NPK+St in einem Bereich des leichten N-Überschusses und die Variante U im sehr günstigen Bereich einzuordnen ist. Der Indikator Phosphorsaldo befindet sich bei beiden Varianten im ungünstigen Bereich. Allerdings besteht bei NPK+St Phosphorüberschuss und bei U ein Phosphormangel.

Literatur

- Leithold G. 1996: Wie hoch ist der Bedarf des Bodens an organischer Substanz? Ökologie und Landbau.
- Leithold G., Hülsbergen K.-J., D. Michel und H. Schönmeier 1997: Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung 12 Umwelt (Hrsg.). Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Zeller Verlag Osnabrück 5: 43-54.

Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel am Beispiel des Energiepflanzenanbaus im Einzugs- und Überschwemmungsgebiet von Fließgewässern – KLIMZUG Nordhessen

Rüdiger Graß, Felix Richter, Burga Thies und Michael Wachendorf

Einleitung

Angesichts der zu erwartenden klimatischen Veränderungen ist unterschiedlichen Prognosen zufolge (z. B. IPCC-Weltklimarat der UN) in mitteleuropäischen Regionen und damit auch in Hessen zukünftig mit wärmeren und niederschlagsreicheren Wintern sowie trockeneren Sommern mit wiederkehrenden extremen Hitze- und Trockenperioden zu rechnen. Ferner wird die Zunahme von Starkregenereignissen mit der Folge von starker Bodenerosion und Nährstoffausträgen besonders in hängigen Lagen und Überschwemmungen in Tallagen von Fließgewässern prognostiziert. Neben eventuellen positiveren Auswirkungen wie verlängerten Vegetationsperioden und ggf. höheren Erträgen ist v. a. mit negativen Beeinträchtigungen zu rechnen: Steigerung des Ernterisikos aufgrund von Trockenheit und Wetterextremen, verstärkte Bodenerosion, Zunahme von Krankheiten und Schädlingen usw. Dies erfordert Anpassungsmaßnahmen für landwirtschaftliche Anbau- und Nutzungssysteme, um eine umweltgerechte und ertragreiche Landwirtschaft zu ermöglichen.

Anhand des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen werden im Projekt KLIMZUG Nordhessen (www.klimzug-nordhessen.de) entsprechende Strategien exemplarisch im Einzugs- (= Ackerland) und Überschwemmungsbereich (= Grünland) von nordhessischen Fließgewässern entwickelt und untersucht. Im Ackerbau wird dabei der Energiepflanzenbau in einem Zweikulturnutzungssystem (Graß und Scheffer 2005) mit folgender Zielsetzung geprüft: ganzjährige Bodenbedeckung und ganzjähriger Nährstoffentzug, Ertragssicherung durch Nutzung der Winterfeuchte bei Winterkulturen und durch die Artenwahl (Sonnenblume, Hirse, Sudangras als Alternative zu Mais). Durch den Anbau von Winterung und Sommerung während einer Vegetationsperiode wird eine Risikoabsicherung und Flexibilisierung hinsichtlich sich verändernder klimatischer Bedingungen angestrebt.

In Überschwemmungsgebieten wird die Etablierung von extensivem Grünland mit der Zielsetzung einer tiefen Durchwurzelung mit ganzjähriger Bodenbedeckung und kontinuierlichem Nährstoffentzug untersucht. Die energetische Verwertung der stark lignifizierten Biomasse erfolgt mittels des IFBB-Verfahrens (Integrierte Festbrennstoff- und Biogaserzeugung aus Biomasse) (Wachendorf et al. 2009) mit dem Ziel eines hohen Energieertrags bzw. einer hohen Energieeffizienz.

Die in Feldversuchen ermittelten Daten fließen in modellgestützte Sensitivitätsanalysen ein, um das Potenzial der geprüften Maßnahmen hinsichtlich ihrer Ertragsleistung und -variabilität unter sich zukünftig verändernden Klimabedingungen zu validieren. Im vorliegenden Beitrag werden der Versuchsansatz, die Zielsetzung und erste Ergebnisse der Feldversuche präsentiert.

Material und Methoden

Für den Einzugsbereich (Ackerland) wird am Versuchsstandort Neu-Eichenberg der Uni Kassel in Nordhessen (Löss-Parabraunerde, Temperaturmittel 8,3 °C, Jahresniederschlagsmittel 650 mm) ein 2-jähriger Feldversuch (2-faktorielle,

vollständig randomisierte Split-Plot-Anlage mit vier Wiederholungen) in den Jahren 2008-2010 durchgeführt. Dabei wird ein Zweikulturnutzungssystem mit der Erstkultur Roggen und den im Mulchsaatverfahren gesäten Zweikulturen Mais, Sonnenblumen, Sudangras und Hirse untersucht. Vergleichend wird ein herkömmliches Anbausystem mit abfrierendem Senf (Saat im August) und nach intensiver Bodenbearbeitung Anfang Mai gesäten Hauptkulturen Mais, Sonnenblumen, Sudangras und Hirse geprüft. Neben der Ertragsfeststellung zur Ernte und der Bestimmung des Biogasertrags wird die Ertragsentwicklung mittels 14-tägiger Zeiternten erhoben. Die Stickstoffdynamik wird zu mehreren Zeitpunkten mittels N_{\min} -Beprobung erfasst.

Für das Grünland werden in einem 2-jährigen Feldversuch (2008-2010) drei Ansaatvarianten (Klee gras, Diversitätsorientierte Mischung, Rohrglanzgras) mit zwei N-Düngungsstufen (0 und 100 kg ha⁻¹ organisch) in einer vollständig randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen untersucht. Der Versuch wird auf einer Versuchsfläche der Universität Kassel in Witzenhausen im Überflutungsbereich der Werra auf einem Auenlehm-Kolluvisol (Temperaturmittel 8,5 °C, Jahresniederschlagsmenge 690 mm) durchgeführt. Neben der gravimetrischen Ertragsfeststellung bei zweiseitiger Nutzung und der Ermittlung der Energieerträge wird der Ertragszuwachs mittels 14-tägiger Zeiternten erfasst. Ferner werden im selben Zeitintervall der Blattflächenindex erhoben und mittels feldspektroskopischer Messungen Inhaltsstoffe bestimmt.

Die erhobenen Daten fließen zur Sensitivitätsanalyse in Kooperation mit dem ZALF in Müncheberg in das Modell HERMES (Kersebaum et al. 2009) ein.

Ergebnisse und Diskussion

Als Beispiel wird in Abb. 1 aus dem Jahr 2009 die Ertragsdynamik für Sonnenblumen im Hauptfruchtanbau und als Zweitkultur nach Winterroggen dargestellt.

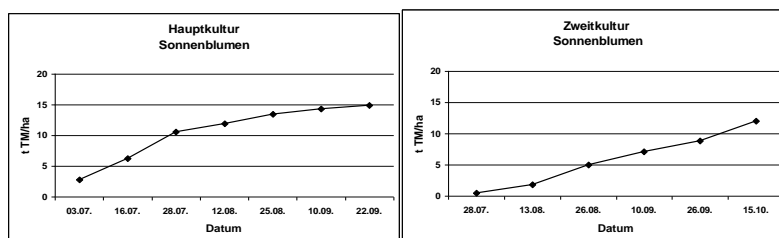


Abb. 1: Ertragsdynamik von Sonnenblumen als Haupt- bzw. Zweitkultur nach Winterroggen

Entsprechende Ertragsdynamiken werden für alle untersuchten Pflanzenarten des Acker- und Grünlands erstellt und in die Modelle eingespeist. Diese werden auf dem Poster neben den Ertragszahlen für das Jahr 2009 präsentiert. Die Modellberechnungen beginnen nach Beendigung der Datenerhebung im Herbst 2010.

Literatur

- Graß R., Scheffer K. 2005: Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. Natur und Landschaft 9/10, S. 435-439.
- Kersebaum K.-C., Nendel C., Mirschel W., Manderscheid R., Weigel H.-J., Wenkel K.-O. 2009: Testing different CO₂ response algorithms against a face crop rotation experiment and application for climate change impact assessment at different sites in Germany. - *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 113(1-2): 79-88
- Wachendorf M., Richter F., Fricke T., Graß R., Neff R. 2009: Utilisation of semi-natural grassland through an integrated generation of solid fuel and biogas from biomass I: Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. *Grass and Forage Science* 64(2): 132-143.

Qualität und Sortenwahl bei Artischocken im Organischen Landbau

Julia Yasmin Rost, Timo Kautz und Ulrich Köpke

Einleitung

Werden Artischocken (*Cynara scolymus* L.) im Organischen Landbau von Betrieben angebaut, die ihre Angebotspalette für die Direktvermarktung bereichern wollen, so spielt bei der Sortenwahl neben der Ertragserwartung und der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Schädlingen insbesondere auch eine hohe Konsumqualität der Knospen eine Rolle. In dieser Arbeit werden Zuckergehalte und essbare Anteile der Blütenknospen zur Sortendifferenzierung herangezogen.

Material und Methoden

Auf der Lehr- und Forschungsstation ‚Wiesengut‘ in Hennef bei Siegburg (10,2 °C Jahresdurchschnittstemperatur, Jahresniederschlag 820 mm; lehmig-schluffiger bis sandig-schluffiger Boden) wurde im Jahr 2009 ein faktorieller, randomisierter Versuch zum Anbau von Artischocken durchgeführt. Es wurden vier Artischockensorten (‚Imperial Star‘, ‚JW 109‘, ‚Green Globe‘ und ‚Concerto‘) hinsichtlich ihrer Anbauwürdigkeit im Organischen Landbau getestet. Um den Ertrag zu ermitteln, wurde jede marktfähige Knospe gewogen. Der Zuckergehalt im Blütenkorbboden wurde mit der Anthron-Methode (Yemm und Willis 1954) ermittelt. Die Bestimmung des essbaren Anteils erfolgte nach schrittweiser Sektion der Blütenköpfe (Kautz et al. 2009). Natürlich auftretende Blattlauspopulationen wurden regelmäßig bonitiert. Die relative Bewertung der Anbauwürdigkeit erfolgte anhand der mit Hilfe von einfaktoriellen Varianzanalysen und Tukey-Tests ermittelten signifikanten Unterschiede.

Ergebnisse und Diskussion

Der höchste marktfähige Knospenenertrag (1,71 kg m⁻²) wurde mit der Sorte ‚Imperial Star‘, der geringste (0,70 kg m⁻²) mit der Sorte ‚Green Globe‘ erzeugt (Abb. 1).

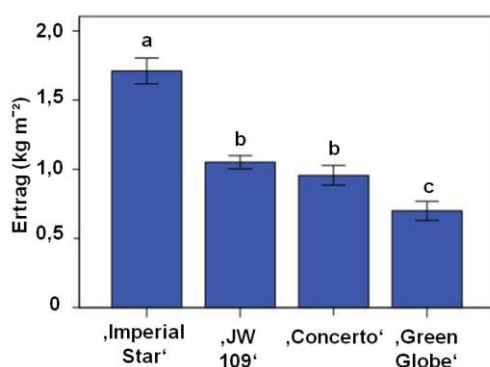


Abb. 1: Marktfähiger Ertrag (kg m⁻²) der Artischockensorten. Werte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$). Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler

Hinsichtlich des Zuckergehalts in den Blütenkorbböden ergaben sich keine Unterschiede zwischen den untersuchten Sorten. Tendenziell hatte die Sorte ‚Imperial Star‘ (28,1 %) den höchsten Zuckergehalt im Blütenkorbboden (‚Green Globe‘: 27,5 %; ‚Concerto‘: 26,6 %; ‚JW 109‘: 25,6 %).

Demgegenüber unterschieden sich die Sorten deutlich nach ihren essbaren Anteilen (Basen der äußeren Hüllblätter, innere Hüllblätter, Blütenkorbboden,

Pappus, Stiel). Der höchste essbare Anteil der Knospen wurde bei der Sorte ‚Concerto‘ mit 49 % festgestellt. Die Knospen der Sorte ‚Imperial Star‘ wiesen mit 38 % den geringsten essbaren Anteil auf. Den höchsten essbaren Anteil der äußeren Hüllblätter, der für den Konsumenten bei Direktverzehr ein hohes Essvergnügen bereitet, hatten die Knospen der Sorte ‚Concerto‘ (Abb. 2).

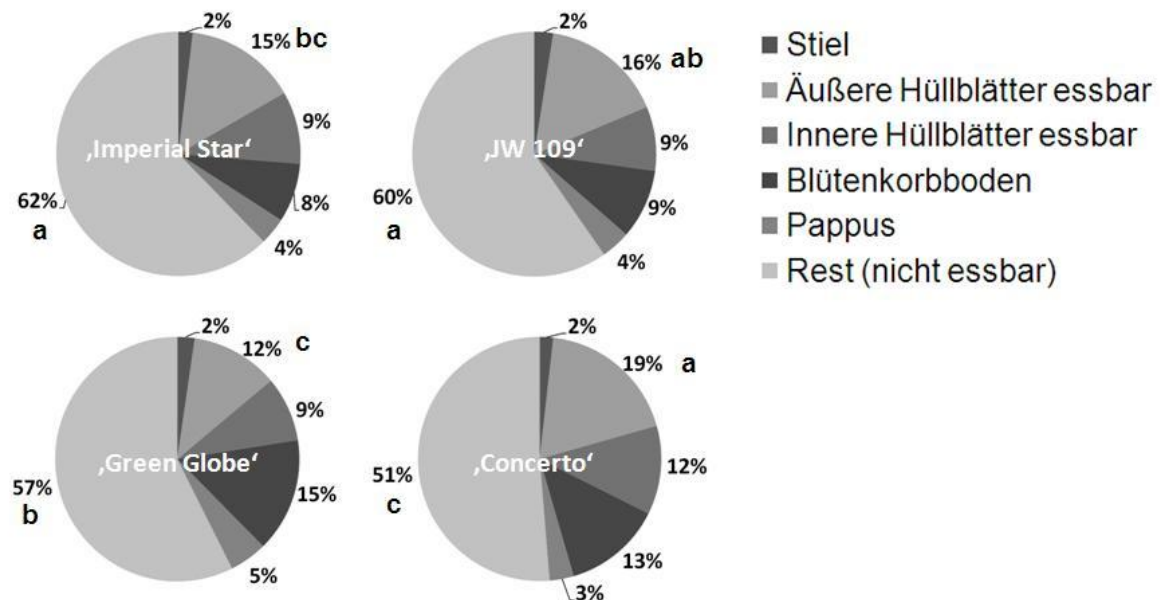


Abb. 2: Essbare Anteile (Stiel, äußere und innere Hüllblätter, Blütenkorbboden, Pappus) und nicht essbare Anteile der Knospen der vier geprüften Sorten. Werte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$

Von Bedeutung für den Organischen Landbau ist zudem, dass die Anfälligkeit der Pflanzen gegenüber dem Befall mit Blattläusen (*Aphis fabae* und *Myzus persicae*) sortenabhängig war (Daten nicht gezeigt). Parameterübergreifend war die Sorte ‚Concerto‘ im Vergleich der geprüften Sorten besonders geeignet für die Direktvermarktung im Organischen Landbau (Tab. 1). Die Knospen dieser Sorte hatten einen hohen essbaren Anteil, der Blattlausbefall war bei einem Ertrag von $0,96 \text{ kg m}^{-2}$ gering.

Tab. 1: Relative Anbaueignung: + = hoch, o = mittel, - = gering

Sorte	Ertrag	Essbarer Anteil	Zuckergehalt	Anfälligkeit gegenüber Blattläusen
‚Imperial Star‘	+	-	o	-
‚JW 109‘	o	-	o	-
‚Green Globe‘	-	o	o	o
‚Concerto‘	o	+	o	+

Literatur

- Kautz T., Täufer F., Köpke U. 2009: *Cynara scolymus* L.: an Accurate Method for Determining the Edible Parts, Eur. J. Hort. Sci. 74(4): 189-191.
 Yemm E.W., Willis A.J. 1954: The Estimation of Carbohydrates in Plant Extracts by Anthrone, Biochem. J. 57: 508-509.

Prüfung neu gezüchteter Fasernesselklone – phänotypische Bonitur sowie erste Ergebnisse zu Fasergehalten und -qualitäten

Bettina Biskupek-Korell, Holger Fischer, Carmen Knapwost, Carolin Schneider und Sven Wartenberg

Einleitung

Die Fasergehalte der derzeit technisch genutzten Fasernesselklone liegen mit ca. 15 % [TM] deutlich unter den Fasergehalten von z. B. Hanf oder Flachs. Als zusätzlicher Nachteil gilt die Vermehrung, die ausschließlich über Stecklinge erfolgt. Im Rahmen eines durch die FNR geförderten Projektes sollen die Fasergehalte und Faserqualitäten züchterisch optimiert und die Vermehrung vereinfacht werden.

Dazu hat das Institut für Pflanzenkultur in Schnega aus Elternklonen des so genannten Hamburger Nesselsortiments neue Kreuzungen erstellt und die resultierenden F1-Sämlinge über Stecklinge vermehrt. Von diesen Klonen werden derzeit 200 in einem zweiortigen (Hannover und Schnega) und dreijährigen Feldversuch getestet und nach dem ersten Versuchsjahr die besten 50 Nachkommen zur weiteren Prüfung selektiert.

Als Auswahlkriterien der 200 selektierten A-Klone wurden zunächst die Vermehrbarkeit und die Entwicklung der Faserzellen der Pflanzen betrachtet. Zur beschleunigten Erfassung der Fasergehalte wird in der FH Hannover eine mikroskopisch-bildanalytische Methode entwickelt. Hier werden die Ergebnisse der Faseruntersuchungen aus dem ersten Anbaujahr und die Boniturergebnisse aus dem zweiten Anbaujahr dargestellt.

Material und Methoden

Bestimmung der Reinfasergehalte 2009

Pflanzenmaterial

Aus dem Erntejahr 2009 standen ungeröstete Stängel von insgesamt 6 Elternklonen sowie von 50 neuen Klonen zur Verfügung. Die Proben der Neuzüchtungen wurden ausschließlich chemisch auf ihren Reinfasergehalt analysiert.

Reinfasergehalt

Die Bestimmung der Reinfasergehalte erfolgte nach der Methode von Bredemann (1942). Zunächst wurden die Stängelabschnitte 1 h bei 95 °C in 0,35 % Sodalösung (w/v) behandelt, manuell entrindet und die Rinde anschließend in 2 % Natronlauge (20 g/L w/v) bei 2 bar Druck in einem Autoklaven aufgeschlossen.

Phänotypische Bonituren 2010

Bei der phänotypischen Bonitur sollen zu drei verschiedenen Zeitpunkten im Jahr unterschiedliche äußere Merkmale erfasst und später die Werte beider Standorte verglichen werden. Dazu werden Höhe, Farbe der Blätter und Sprosse, Anzahl der Verzweigungen, Geschlecht sowie Beginn und Dauer der Blüte bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Werte der Längenmessungen sind in Abbildung 1 für die chemisch aufgeschlossenen Pflanzen dargestellt. Es ist dabei deutlich zu erkennen, dass die noch jungen Pflanzen der Neuzüchtungen bei weitem nicht die Höhe der Elternklone erreichen. Sie liegen im Bereich 50 – 90 cm, während die Elternklone Stängellängen von 1,5 – 2 m aufweisen.

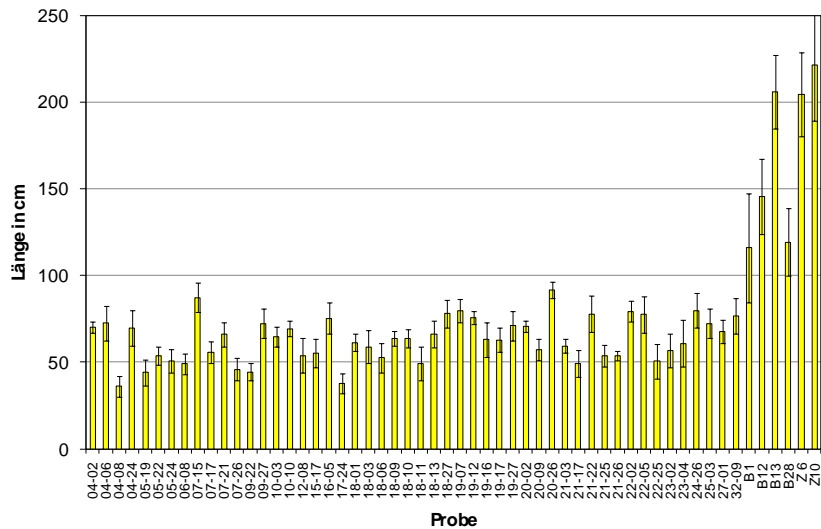


Abb. 1: Stängellänge der Neuzüchtungen im Vergleich zu den Elternklonen

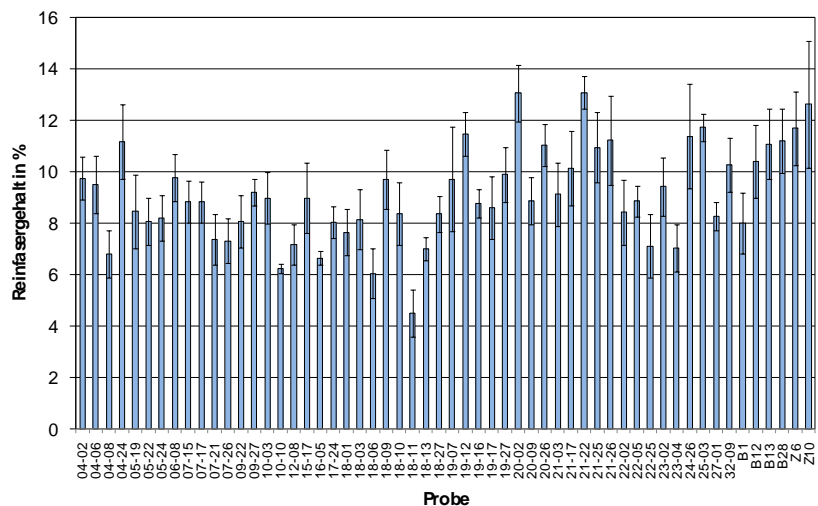


Abb. 2: Reinfasergehalt der Neuzüchtungen im Vergleich zu den Elternklonen

Die Neuzüchtungen waren im Erntejahr 2009 noch zu niedrig, um sinnvolle Messwerte bezüglich des mechanischen Fasergehaltes oder der Aufschließbarkeit erzielen zu können. Diese wurden daher nur hinsichtlich des Reinfasergehaltes charakterisiert. In Abbildung 2 sind die Reinfasergehalte der Neuzüchtungen am Standort Solkau den Werten der Elternklone gegenübergestellt. Im Vergleich ist gut zu erkennen, dass die Fasergehalte der Elternklone auch von einem großen Teil der Neuzüchtungen erreicht bzw. übertroffen werden.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Tagungsbandes lagen noch nicht alle Boniturdaten zur Auswertung vor und werden somit hier nicht erfasst, aber auf dem Poster dargestellt.

Literatur

Bredemann G. 1942: Die Bestimmung des Fasergehaltes bei Massenuntersuchungen von Hanf, Flachs, Faserlein und anderen Bastfaserpflanzen. Faserforschung 16: 14-39.

Topinamburanbau und der Durchwuchs in nachfolgenden Kulturen

Karin Wunsch, Sabine Gruber und Wilhelm Claupein

Einleitung

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) kann ein- oder mehrjährig angebaut werden. Die oberirdische Biomasse liefert ähnlich hohe Erträge wie Mais und kann auch als Biogassubstrat genutzt werden (Gunnarson et al. 1985). Die Nutzung der Knollen beschränkt sich derzeit neben der Pflanzgutgewinnung auf die Lebensmittelindustrie, da aufgrund der Schmutzanhaftung noch keine Möglichkeit zur Verarbeitung in Biogasanlagen besteht. Nach der Rodung bleiben häufig viele nicht geerntete Knollen oder Knollenteile im Boden zurück, die in der nachfolgenden Kultur als Durchwuchs wieder austreiben (Schittenhelm 1996). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen der Rodung, der anschließenden Bodenbearbeitung und der Art der nachfolgenden Kultur auf die Anzahl der Durchwuchspflanzen untersucht.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim wurden seit 2007 im Rahmen eines Kulturartenvergleiches zur Biogasproduktion Feldversuche mit Topinambur als einjährige Energiepflanze durchgeführt. Für den Anbau von jährlich 12 Parzellen (4 m × 8 m) wurde ein Kartoffellegegerät benutzt, die Ernte der oberirdischen Biomasse erfolgte mit einem Maishäcksler. Im darauffolgenden Frühjahr fand die Rodung der Knollen mit Hilfe eines Schleuderradrodgers statt. Anschließend wurde die komplette Versuchsfläche wieder in die Fruchtfolge integriert und einheitlich bestellt (Abb. 1). Auf allen Flächen wurde die Anzahl der Durchwuchspflanzen nach der Rodung bis zum jetzigen Zeitpunkt in jeder angebauten Kultur bestimmt.

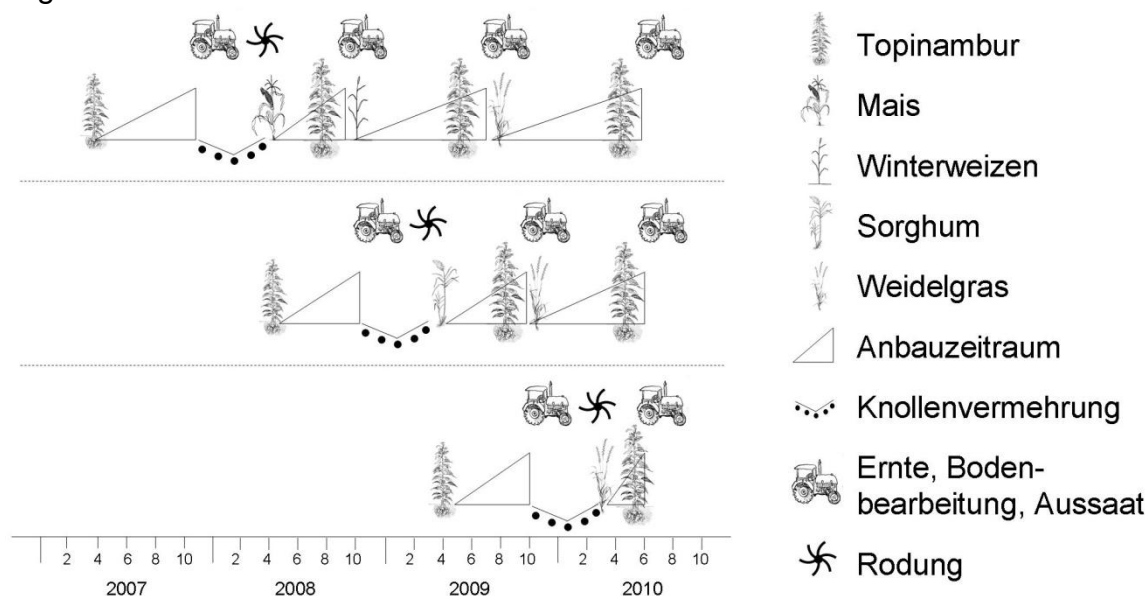


Abb. 1: Schema der Versuchsdurchführung zur Ermittlung der Durchwuchspflanzen nach Topinambur mit Arbeitsschritten und Kulturarten auf drei Flächen der Versuchsstation Unterer Lindenhof in den Jahren 2007 bis 2010

Ergebnisse und Diskussion

In jedem Versuchsjahr zeigte sich, dass nach der Rodung Knollen im Boden verblieben, die wieder austrieben und Durchwuchspflanzen hervorbrachten, unabhängig von der nachfolgenden Kultur (Abb. 2). Unterschiedliche Bodenbearbeitung vor der Saat (Pflug oder Grubber) zeigte keine signifikanten Unterschiede bei der Anzahl der Durchwuchspflanzen (Daten nicht gezeigt). Da die Rodung erst im April stattfand, waren direkt nach Topinambur nur späte Kulturen wie Mais oder Sorghum möglich. Eine weitere Alternative bildete die Aussaat von Weidelgras als sogenannte Löschfrucht. Dabei sollte durch mehrmaligen Schnitt den Knollen die Kraft zum Wiederaustreiben entzogen werden. Da das Weidelgras, ebenso wie Mais und Sorghum, zur energetischen Nutzung bestimmt war und siliert wurde, konnten die Durchwuchspflanzen toleriert werden. Der Biomasseertrag wurde dadurch nicht minimiert, doch die neu gesäte Kultur wurde an manchen Stellen teilweise bis vollständig von den Topinamburpflanzen verdrängt. Problematisch waren die Durchwuchspflanzen nur im Getreide, denn die ligninhaltigen Stängel

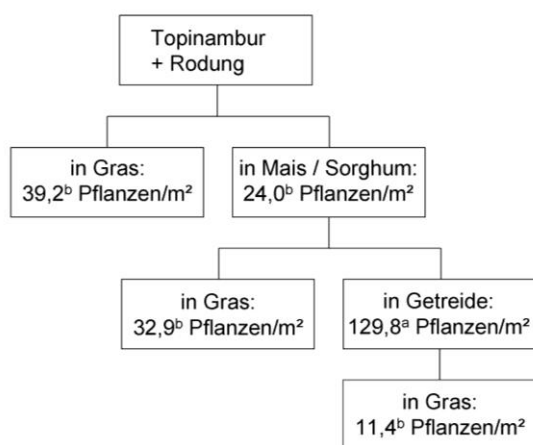


Abb. 2: Nachfrüchte nach Topinamburanbau und Anzahl der Durchwuchspflanzen pro m² in der jeweiligen Kultur. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, $p = 0,05$

waren zu hart, sodass die Ernte mit dem Mähdrescher nicht möglich war. Dadurch wurden erhebliche Ertragseinbußen bei der Getreideernte bzw. beim Kornertrag verzeichnet (Daten nicht gezeigt). Durch die energetische Nutzung als GPS hätte dieses Problem vermutlich umgangen werden können. Bei der Wahl der nachfolgenden Kultur konnten im ersten Jahr und beim ersten Grasaufwuchs unabhängig vom Jahr keine signifikanten Unterschiede im Topinamburdurchwuchs festgestellt werden. Mit ca. 130 Durchwuchspflanzen pro m² lag der Getreideanbau im zweiten Jahr nach Topinambur signifikant höher. Die Versuche zeigten, dass weder durch die

Art der Bodenbearbeitung noch durch die nachfolgenden Kulturarten der Topinamburdurchwuchs erfolversprechend in kurzer Zeit minimiert werden kann, sondern dass es eine langwierige Phase ist, eine Ackerfläche völlig von Knollen und somit von Durchwuchspflanzen zu bereinigen. Topinambur sollte daher möglichst nur in Energiefruchtfolgen ohne den Anbau von Marktfrüchten integriert werden, da sonst erhebliche Ertragseinbußen auftreten können. Durch Weidelgras mit häufiger Schnittnutzung zeigten sich günstige Entwicklungen zur Minimierung der Topinamburdurchwuchspflanzen im Laufe der Vegetationsperiode, sodass dies in weiterführenden Versuchen beobachtet wird.

Literatur

- Gunnarson S., A. Malmberg, B. Mathisen, O. Theandert, L. Thyselius, U. Wünsche 1985: Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) for biogas production. *Biomass* 7: 85-97.
- Schittenhelm S. 1996: Competition and control of volunteer Jerusalem artichoke in various crops. *J. Agronomy and Crop Science* 176: 103-110.

Ertragspotenzial von Amaranth unter den klimatischen Bedingungen Baden-Württembergs

Falko Stockmann, Simone Graeff-Hönninger und Wilhelm Claupein

Einleitung

Amaranth stammt ursprünglich aus Südamerika, wo es schon Jahrtausende angebaut wird. In Deutschland hingegen ist es ein Nischenprodukt. Aufgrund der Glutenfreiheit der Körner ist Amaranth für Zöliakie-Patienten eine ideale Alternative zu Weizen. Es bietet ein weites Spektrum an wertvollen Inhaltsstoffen wie z. B. Lysin (essent. Aminosäure), Eisen, Magnesium, Calcium, Selen, Vitamin B1 und E. Zusätzlich besteht das Fett zu einem Großteil aus unges. Fettsäuren und die biologische Wertigkeit ist vergleichbar mit Fleisch (Aufhammer 2000). Daher scheint der Verzehr von Amaranth sinnvoll. Logische Konsequenz ist das Interesse von Lebensmittelindustrie und von Konsumenten mit Lebensmittelunverträglichkeiten oder Allergien. Letztlich scheint auch ein Einsatz im Bioenergiesektor möglich. Aufgrund des höheren Wärmebedarfs sowie der ungleichen Abreife wurden diese Kulturen bisher nur marginal in Deutschland angebaut. Durch Züchtungen von frühreifen Sorten sowie Sorten für die Produktion von Bioenergie besteht die Chance, den Anbau in hiesigen Klimazonen auszubauen. Ziel der Studie war die Prüfung des Ertragspotenzials von 11 Amaranth-Genotypen unter den klimatischen Bedingungen Baden-Württembergs.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Univ. Hohenheim (48° 44' N, 8° 56' E, 478 m ü. NN, Ø Temp. 8,1°C, Ø Niederschl. 693 mm, Bodentyp: Lehm bzw. lehmiger Ton) wurden in den Jahren 2008 und 2009 in einer random. Blockanlage 11 Amaranth-Genotypen geprüft. Die Genotypen sind in Tabelle 1 aufgeführt und stammten von Nr. 5 - 11 aus der Züchtung von Dr. G. Dobos (Zenoprojekte Wien, Österreich). Nach Vorfrucht Winterweizen wurde Anfang Mai mit einer Saattiefe von 150 Kö m⁻² und einer Saattiefe von 1-2 cm mit einer Parzellensämaschine (Typ Oyjord bzw. Deppe) in einem Reihenabstand von 12 cm gedreht. Die Grunddüngung erfolgte betriebsüblich sowie zu Vegetationsbeginn und Knospenbildung eine einheitliche N-Düngung von jeweils 40 kg ha⁻¹ (Σ 80 kg N ha⁻¹). Je nach Bedarf wurde die Unkrautbekämpfung mittels Hacke durchgeführt sowie eine Bekämpfung gegen Flöhe, Wanzen und Läuse. Der Drusch erfolgte mit einer Parzellendruschmaschine (Typ Hege), je nach Abreife der Pflanzen von Ende Aug. bis Mitte Sept. Mittels Zählrahmen wurde nach der Ernte die Bestandesdichte bestimmt. Das Statistikprogramm SAS 9.2. mit der Prozedur MIXED diente zur statistischen Auswertung der Daten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandesdichte und der Kornertrag sind in Tab. 1 dargestellt. Über beide Versuchsjahre hinweg zeigte sich im Mittel eine Bestandesdichte von 23,5 Pfl. m⁻². Die Genotypen 5 und 7 wiesen im Jahr 2008 mit 13 und 14 Pfl. m⁻² die niedrigsten Dichten auf, wohingegen der Genotyp 2 mit 39 Pfl. m⁻² am höchsten lag. Obwohl die höchste Dichte im Jahr 2008 ermittelt wurde, erlangte das Jahr 2009 mit Ø 25 Pfl. m⁻² (2008: 22 Pfl. m⁻²) die signifikant dichteren Bestände. Dies spiegelte sich auch im Ertrag wider. Im Mittel waren die signifikant höheren Erträge im Jahr 2009 mit 33,11 dt ha⁻¹ (2008: 28,46 dt ha⁻¹) zu finden. Grund hierfür könnte die einheitlichere

Bestandesdichte gewesen sein. Innerhalb der Jahre konnte 2008 eine Ertragsspanne von 24,3 - 31,9 dt ha⁻¹ analysiert werden (Versuchsjahr 2009: 27,4 - 39,57 dt ha⁻¹). Somit unterschieden sich die Genotypen bis zu 31 %, was den signifikanten Einfluss des Genotypes deutlich macht. Verglichen mit Studien von Gimplinger et al. (2007), die bei Handernte einen Kornertrag von 22 - 30 dt ha⁻¹ erreichten, waren die Erträge auf einem höheren Level. Bedenkt man, dass die Studie von Gimplinger et al. (2007) im kontinentalen Klima Ost-Österreichs, unter für Amaranth günstigeren Wachstumsbedingungen durchgeführt wurde, können die erzielten Erträge einen erfolgreichen Anbau von Amaranth im gemäßigten Klima Baden-Württembergs vermuten lassen.

Tab. 1: Bestandesdichte und Kornertrag der Amaranth-Genotypen. Gleiche Buchstaben in der Bestandesdichte bzw. im Ertrag sind nicht signifikant (Tukey-Test, $\alpha \leq 0,05$)

Genotyp	Bestandesdichte [Pflanzen m ²]		Kornertrag [dt ha ⁻¹]	
	2008	2009	2008	2009
Pastewny (1)	22 ab	27 ab	29,2 abc	31,75 bcde
K 343 (2)	39 b	30 ab	28,3 abc	29,28 abc
K 432 (3)	25 ab	21 ab	30,0 bcd	33,37 cde
Bärnkraft (4)	16 ab	33 b	31,1 bcde	36,62 ef
Typ X (5)	14 a	17 ab	27,2 ab	27,40 ab
Mittlerer Typ OR (6)	26 ab	25 ab	31,9 bcde	39,57 f
Amar (7)	13 a	23 ab	29,6 abc	35,39 def
Neuer Typ CX (8)	20 ab	21 ab	27,3 ab	30,57 cd
Anderer Typ (9)	24 ab	23 ab	24,3 a	32,26 bcde
Energietyp (10)	22 ab	28 ab	28,8 abc	33,75 cde
Mittlerer Typ Rot (11)	26 ab	23 ab	29,4 abc	35,36 def

Jahr*, Sorte*, Jahr x Sorte^{n.s.}

Jahr***, Sorte***, Jahr x Sorte**

Zur Abschätzung des Bioenergiepotenzials ist die Wuchshöhe in Abb. 1 dargestellt. Ersichtlich ist eine deutliche Auswirkung des Genotyps. Signifikant geringere Wuchshöhen zeigten die Genotypen 3, 8 und 9. Alle anderen Genotypen wiesen ein relativ einheitliches Niveau (Ø 170 cm) auf. Die signifikant höchsten Wuchshöhen zeigten die Genotypen 5, 6, 10 und 11. Falls die Eignung von Amaranth als Bioenergiequelle positiv ausfällt, scheint über die Genotypen auch hier ein Potenzial zu bestehen.

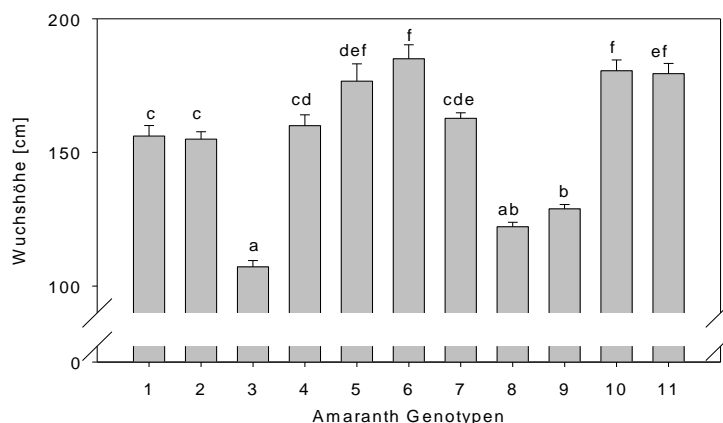


Abb. 1: Wuchshöhe [cm] der 11 Amaranth Genotypen

Literatur

- Aufhammer W. 2000: Pseudogetreidearten – Buchweizen, Reismelde und Amaranth Herkunft, Nutzung und Anbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Gimplinger D.M., Dobos G., Schönlechner R., Kaul H.-P. 2007: Yield and quality of grain amaranth (Amaranthus sp.) in Eastern Austria. Plant Soil Environ. 53: 105-112.

Arznei- und Gewürzpflanzen im Ökologischen Landbau – Status quo und Entwicklungspotenziale für Baden-Württemberg

Karin Brendel, Falko Stockmann, Sabine Zikeli, Sabine Gruber und Wilhelm Claupein

Einleitung

Die Produktion von ökologisch angebauten Arznei- und Gewürzpflanzen bedient in Deutschland noch immer einen Nischenmarkt. Da bei importierten Rohstoffen zunehmend Qualitätsprobleme wie z. B. hohe Schadstoffbelastungen festgestellt werden und darüber hinaus der Produktionsprozess bei ausländischen Waren häufig unzureichend dokumentiert ist, wird der Anbau in Deutschland immer attraktiver. Die Vorteile des einheimischen Anbaus liegen u. a. in den hohen Qualitätsstandards des Anbaus sowie der Verarbeitung, in einer lückenlosen Dokumentation der Produktion und in einem sehr gut funktionierenden Qualitätsmanagement.

Die Nachfrage nach ökologisch erzeugten Arznei- und Gewürzpflanzen steigt stetig, sodass die Produktion dieser Kulturen den deutschen Landwirten in wirtschaftlicher Hinsicht große Chancen eröffnen könnte. Der Vertragsanbau von Heil- und Gewürzpflanzen könnte Landwirten mit dem entsprechenden Fachwissen ein vergleichsweise gutes Einkommen sichern (FAH 2002).

Ziel dieser Studie war es, den Status quo der Produktion von ökologisch angebauten Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland mit Fokus auf Baden-Württemberg zu erfassen und zu analysieren. In einem zweiten Schritt sollen mögliche Entwicklungspotenziale für den Anbau und die Verarbeitung abgeleitet werden.

Material und Methoden

Im Rahmen der Studie wurden sechs Erzeuger und fünf Verarbeiter ökologischer Arznei- und Gewürzpflanzen befragt. Bis auf ein verarbeitendes Unternehmen kamen alle Befragten aus Baden-Württemberg. Die Befragung erfolgte mittels acht Telefon- und dreier persönlicher Interviews. Als Grundlage der Experteninterviews diente je ein gruppenspezifischer Leitfaden mit einem hohen Anteil geschlossener Fragen für die jeweils zu befragende Gruppe. Die offenen Fragen zielten darauf ab, die Befragten möglichst präzise und in ihrer Heterogenität zu erfassen. Darüber hinaus dienten die offenen Fragen dazu, von den Befragten eine möglichst aussagekräftige Einschätzung des Entwicklungspotenzials des ökologischen Kräuteraanbaus in Deutschland bzw. Baden-Württemberg zu erhalten. Während die Erzeuger vornehmlich zum ökologischen Anbau der Arznei- und Gewürzpflanzen und den damit verbundenen Problemen und Schwierigkeiten interviewt wurden, konzentrierten sich die Fragen für die Verarbeiter auf Qualitäts- und Bezugsprobleme beim Rohstoffeinkauf von ökologisch produzierter Ware aus Deutschland bzw. Baden-Württemberg. Die Auswertung der Interviews erfolgte qualitativ.

Ergebnisse und Diskussion

Durch das anhaltende Wachstum des Marktes für ökologische Kräuter und Gewürze sowie für Naturkosmetik und -medizin sehen sich die Erzeuger in Baden-Württemberg auch in Zukunft mit einer konstanten bzw. leicht steigenden Nachfrage nach ihren Erzeugnissen konfrontiert. Handlungsbedarf besteht aus Sicht der Erzeuger auf dem Gebiet der Anbauberatung sowie des Pflanzenschutzes.

Die verarbeitenden Unternehmen sehen in dem derzeitigen Megatrend „Gesundheit“ ebenfalls einen Garant für ein weiteres, allerdings begrenztes, Marktwachstum, das seinerseits zu einer konstanten bzw. leicht steigenden Nachfrage nach Arznei- und Gewürzpflanzen aus ökologischem Anbau führen wird. Die Vor- und Nachteile des Produktionsstandortes Baden-Württemberg aus Sicht der verarbeitenden Unternehmen sind in (Abb. 1) dargestellt.

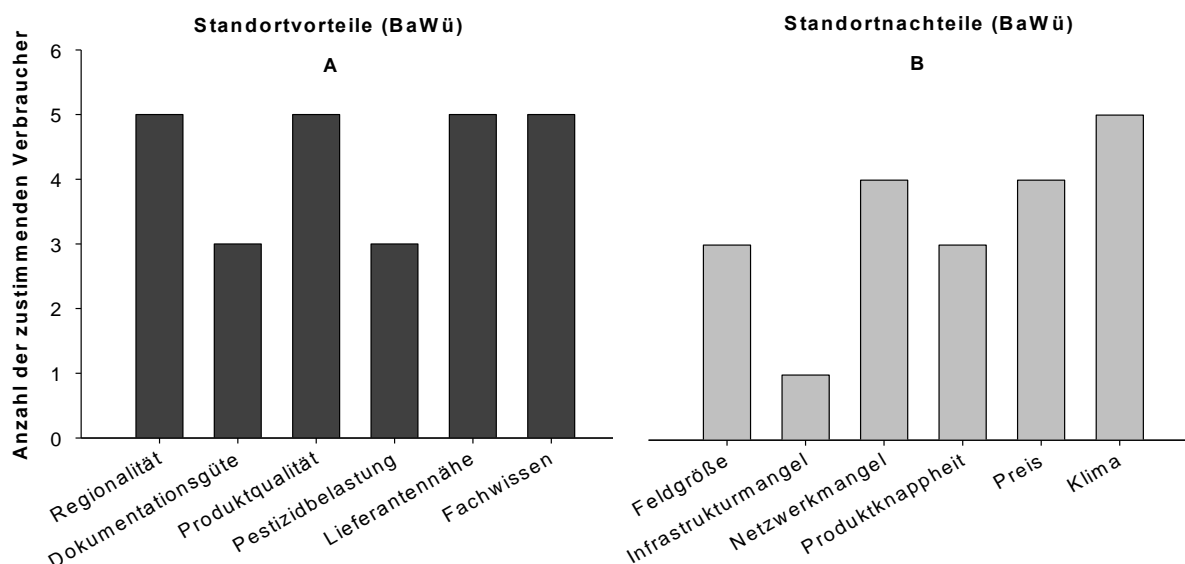


Abb. 1: Standortvorteile (A) und Standortnachteile (B) für den Heilpflanzenanbau in Baden-Württemberg aus Sicht der Verarbeiter

Die in Baden-Württemberg ansässigen Erzeuger sind sich der aufgezeigten Standortnachteile ebenfalls bewusst. Anders als z. B. die Erzeuger aus Bayern und Thüringen können sie nicht auf eine lange Tradition des Kräuteraanbaus zurückblicken. Daher fehlen eine verarbeitungsbezogene Infrastruktur sowie ein Netzwerk (Experteninterviews 2010). Um dieses Defizit auszugleichen und die Wettbewerbsfähigkeit der Region im bundesdeutschen Vergleich zu stärken, wurde in Kooperation mit ansässigen Erzeugern Anfang des Jahres 2010 der Verein „Anbauer-Netzwerk Heil-, Gewürz- und Kosmetikpflanzen Baden-Württemberg e.V.“ gegründet. Erklärtes Ziel dieses Vereins ist es, durch Maßnahmen wie gemeinsame Forschung, Öffentlichkeitsarbeit und Fortbildungen den bundeslandweiten Anbau von ökologischen Heil- und Gewürzkräutern zu fördern und den Anbau dieser Kulturen langfristig als wirtschaftliches Standbein für die Erzeuger aus Baden-Württemberg zu etablieren (Straub 2010).

Literatur

- Experteninterviews 2010: Interviews mit Erzeugern und Verarbeitern aus BaWü, Juni 2010.
 FAH 2002: Chancen und Potenzial des deutschen Arzneipflanzenanbaus. In: Gülzower Fachgespräche, Band 20, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), Gülzow.
 Straub M. 2010: Interview mit Herrn Straub (Weleda Naturals GmbH), 8.6.2010.

Variabilität von Inhaltsstoffgehalten bei *Cimicifuga racemosa*

Angela Lipsius und Regina Schenk

Einleitung

Cimicifuga racemosa (Traubensilberkerze, syn. *Actea racemosa*), ein Vertreter der Ranunculaceae, ist eine ausdauernde Pflanze, deren ursprüngliches Verbreitungsgebiet der Osten der USA und Ontario ist. Anwendung findet die Rhizomdroge der Pflanze heutzutage vor allem zur Linderung von klimakterischen Beschwerden. Im Zuge der ansteigenden Nachfrage nach „natürlichen“ Arzneimitteln hat *Cimicifuga racemosa* als Arzneipflanze eine zunehmende wirtschaftliche Bedeutung. Da die in der Pharmazie genutzte Droge bisher fast ausschließlich aus Wildbeständen stammt (Lyke 2001), besteht für die Inkulturnahme dringender Bedarf. Neben dem Ertragspotential sind dabei die verschiedenen Inhaltsstoffe in ihrer Höhe und Schwankungsbreite von entscheidender Bedeutung. Zur Beurteilung der Schwankungsbreite der Inhaltsstoffgehalte wurden verschiedene Herkünfte analysiert. Diese zeigen abhängig vom jeweiligen Inhaltsstoff geringe bis starke Schwankungen. Ziel ist es, die Variabilität zu klassifizieren und für den Anbau potenzielle Pflanzen auszulesen.

Material und Methoden

2001 wurde am Standort Berlin-Dahlem eine Sammlung verschiedener Arten und Accessionen angelegt, die bis heute besteht und stetig erweitert wird. 2003 wurde die Variabilität der Inhaltsstoffgehalte an einer Auswahl dieser Pflanzen untersucht. Insgesamt wurden 86 Einzelpflanzen zu einem Zeitpunkt per Hand gerodet, die Rhizome gewaschen und getrocknet und in ihrem Gehalt an Cimicifugasäure A und B, Isoferulasäure (HPLC) und Triterpenglykosiden (photometrisch) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Werte für Triterpenglykoside schwankten zwischen 3,4 und 5,9 %, mit einem Median bei 4,6. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass die Gehalte der Pflanzen untereinander in geringem Maße schwankten. Der Variationskoeffizient ist mit 13 % der niedrigste für die vier bestimmten Inhaltsstoffe. Der Quotient aus höchstem und niedrigstem Gehalt beträgt nur 1,7. Bei den Gehalten für Isoferulasäure beträgt dieser Quotient 17,8. Hier lagen der niedrigste Wert bei 0,006 und der höchste bei 0,107 % (siehe Tab. 1). In den ersten fünf Klassen finden wir 67 der 86 untersuchten Pflanzen (78 %) (siehe Abb. 1).

Auch der Gehalt an Cimicifugasäure B zeigt eine hohe Schwankungsbreite, mit Werten zwischen 2,8 und 43,7 %. Der Median liegt bei 20,6. Der Quotient aus höchstem und niedrigstem Wert beträgt 15,6. Dieser Quotient betrug bei den Gehalten an Cimicifugasäure A nur 6,7. Dabei wiesen 67 % der Pflanzen einen Gehalt von 12,7- 22,5 % auf.

Ausgehend von den starken Schwankungen der Gehalte von Cimicifugasäure A und B und Isoferulasäure wird ersichtlich, dass eine qualitativ hochwertige und standardisierte Pflanzenrohware ohne eine Auslese von Pflanzen mit gewünschtem Wirkspektrum und deren gezielte Weitervermehrung nicht möglich ist.

Tab. 1: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwerte für die Gehalte vierer Inhaltsstoffe bei *Cimicifuga racemosa* (Stichprobenumfang 86)

	Isoferulasäure (%)	Cimicifuga-säure A (%)	Cimicifuga-säure B (%)	Triterpen-glykoside (%)
Mittelwert (n=86)	0,045	19,9	22,3	4,7
Standard-abweichung	0,023	6,6	9,6	0,6
Minimalwert	0,006	9,4	2,8	3,4
Maximalwert	0,107	63,2	43,7	5,9

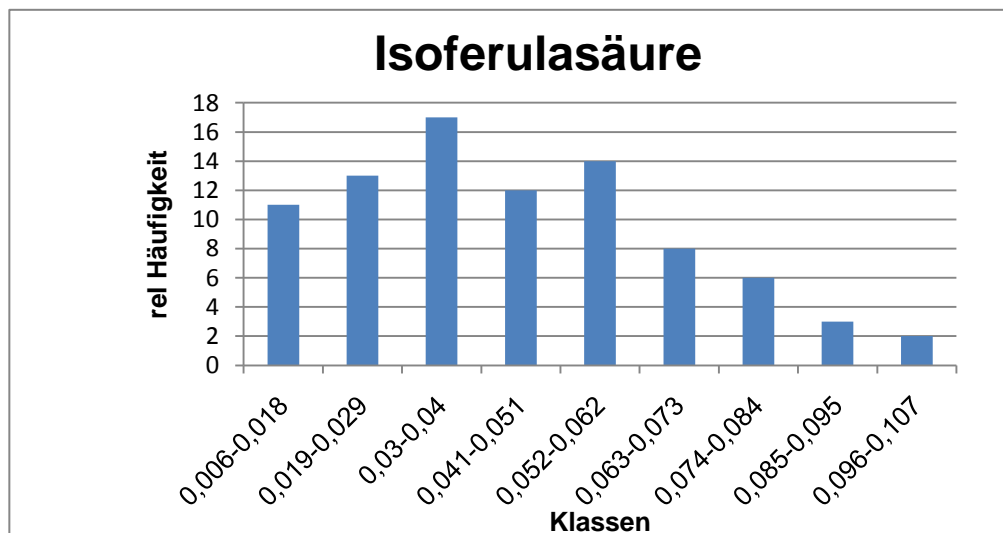


Abb. 1: Aufteilung der Isoferulasäuregehalte in 9 Klassen mit einer Klassenbreite von 0,01 bei *Cimicifuga racemosa* (Stichprobenumfang 86)

Literatur

Lyke J. 2001: Conservation status of *Cimicifuga rubifolia*, *C. americana* and *C. racemosa*. Medicinal Plant Conservation, Aug. 2001, 20-24.

Autorenverzeichnis

Abele A.	67	Ehmann A.	217
Ali S.	27	Eichler-Löbermann B.	265
Amon T.	187	Eißner H.	293
Bangemann L.-W.	31	Ellmer F.	69, 75, 169, 211, 245
Banhardt A.	209	Elste B.	205, 283
Bannert M.	49	Eltrop L.	63
Barthelmes G.	169	Feike T.	121, 189, 191, 193
Bauer B.	277	Fiedler K.	263
Baumecker M.	69	Fischer H.	299
Becker K.	221	Frick K.	53, 251
Berendonk C.	273	Fricke A.	289
Bermejo G.	75, 211	Fricke T.	279, 281
Beuthner V.	245	Fuchs C.	169
Biskupek-Korell B.	105, 299	Fuhs C.	113
Bodner G.	207	Gajić A.	237
Böhm H.	183, 223, 273	Gaudchau M.	109
Bohner A.	73	Gauder M.	153, 167
Böttcher U.	87, 243	Gierus M.	97, 99, 271
Brandt C.	265	Gilbert K.	127
Brendel K.	305	Gimplinger D.M.	253
Brock C.	239	Gökeler B.	177
Buchgraber K.	73	Graeff-Hönninger S.	67, 103, 121, 137, 139, 153, 167, 171, 177, 189, 191, 193, 217, 227, 229, 235, 257, 259, 261, 285, 303
Büchner M.	201	Graiss W.	73
Bückmann H.	123	Gransee A.	233
Buhk H.-J.	1	Grasin K.	57
Bühle L.	275, 277	Graß R.	133, 181, 295
Chen Q.	121, 191	Gremmes H.	225
Christen O.	57, 149, 151, 199, 201, 205, 213, 233, 283, 293	Grieb B.	221
Christen T.	25	Grimm F.	19
Claupein W.	53, 67, 77, 103, 121, 137, 139, 153, 155, 167, 171, 175, 177, 185, 189, 191, 193, 209, 217, 227, 229, 231, 235, 251, 257, 259, 261, 285, 301, 303, 305	Gronle A.	183
Dabbagh A.	187	Gruber S.	53, 155, 185, 209, 251, 301, 305
Damm S.	233	Haase T.	133, 135, 181, 255
Deim F.	145	Häfner M.	175
Deumelandt P.	57	Haid S.	63
Dietiker D.	51	Harndorf J.	281
Dietz-Pfeilstetter A.	292	Hartmann S.	131
Dittert K.	163	Hartung K.	139
Donnison I.	275	Heiduk K.	241
Dowideit K.	125	Heinsoo K.	275
Dresow J.F.	223	Henninger J.	139
Duensing R.	129	Hermann W.	67, 77, 171
		Herndl M.	73

Herrmann A.	159, 163, 271
Hess J.	135, 255
Heß J.	133, 181
Himmelbauer M.	207
Hinck S.	35, 203, 225
Hoffmann C.	95, 117, 165, 247, 249
Hoffmann P.	287
Hofmann B.	149, 151, 201, 233
Hölscher T.	287
Honermeier B.	109, 111, 141, 143, 157, 269
Höppner F.	107
Hüsken A.	55, 123, 125
Ijaz M.	141
Jacob I.	131
Janke S.	269
Jung R.	179
Kage H.	59, 87, 117, 159, 163, 241, 243
Kandolf M.	73
Kaul H.P.	187
Kaul H.-P.	207
Kaul H.-P.	253
Kautz T.	297
Kielhorn A.	203
Kimball B.	73
Klik A.	85
Knapwost C.	299
Knust C.	145
Kobbe C.	123
Koch H.-J.	173, 195, 237
Kölsch E.	255
Köpke U.	83, 91, 101, 297
Krautzer B.	73
Krawutschke M.	97, 99
Krieger J.	69, 245
Kroschewski B.	245
Krück S.	211
Krüger J.	115
Kruse F.	161
Kurasch R.	137
Landgraf A.	219
Lange G.	273
Langhof M.	13
Leithold G.	239
Leschhorn B.	111
Li J.	119
Liebhart P.	85, 145, 215
Lind P.	101
Link-Dolezal J.	103, 231
Lipsius A.	307
Loel J.	249
Loiskandl W.	207
Lux G.	93
Mahmood A.	157
Maidl F.-X.	89
Manderscheid R.	241
Märländer B.	71
Massucati L.F.P.	83
Mast B.	257, 259
Meier K.	207
Meise T.	19
Michel A.	203
Moitzi G.	215
Müller A.	191
Müller J.	147
Müller M.	113, 293
Müller P.	201
Müller-Sämman K.	287
Munsch M.	49
Munz S.	121, 189
Muskolus A.	173
Nerlich K.	137, 193, 285
Neugschwandtner R.W.	253
Neukam D.	243
Neumann T.	267
Nielsen K.	61
Olfs H.-W.	203
Otieno S.	129
Otto M.	19
Pacholski A.	159, 163, 241
Pahlmann I.	87
Parzies H.K.	127
Peiter E.	293
Perkons U.	83
Pfeiffer G.	105
Pfenning J.	121, 191, 193
Piepho H.P.	73
Pötsch E.M.	73
Pridzuhn N.	227, 229, 261
Priesack E.	287
Prochnow J.	139
Pude R.	113, 147
Quakernack R.	159
Quakernak R.	163
Rademacher A.	213
Rampérez M.	113
Rauber R.	161, 179

Refenner K.	145	Stützel H.	119, 129, 263, 289, 291
Reichenbecher W.	19	Südekum K.-H.	275
Reidelstürz P.	103	Szalay T.A.	215
Reineke H.	71	Tappeser B.	19
Reinsdorf E.	195	Taube F.	97, 99, 159, 163, 271
Reisinger G.	147	Techow A.	159, 163
Resch R.	73	Teichmann H.	19
Richter F.	65, 279, 295	Theiß M.	75
Rosengrün L.	235	Thies B.	295
Rost J.Y.	297	Thöle H.	292
Rücknagel J.	199, 205, 213	Tischer S.	149, 151, 283
Rücknagel S.	199	Tobi D.	271
Rühl G.	13	Tonn B.	43
Rühlemann L.	197	Trautz D.	225
Salama H.S.A.	39	Trümper G.	85
Sayer J.	169	Ullah H.	143
Schalk J.	147	Uptmoor R.	119, 129, 263
Schaumberger A.	73	Urbatzka P.	133, 181
Schenk R.	307	Vogel H.	69
Schittenhelm S.	267	Vogler A.	49
Schmidtke K.	93, 197, 219	Wachendorf M.	65, 275, 277, 279, 281, 295
Schmitt A.-K.	149, 151	Wagentristl H.	145, 215
Schneider C.	299	Wagner B.	57, 213, 293
Schneider T.	171	Wang L.	185
Schönherr J.	235	Wartenberg S.	299
Schrempp S.	287	Weber A.	251
Schroetter S.	267	Weber E. A.	53, 175
Schubiger F.X.	131	Weider C.	49
Schüler C.	133, 181	Weigel H.-J.	241
Schulz H.	255	Weigelt A.	281
Schulze C.	287	Weiher N.	97, 99
Seidl F.	137, 285	Weisser W.W.	281
Selz M.	287	Westgate M.	51
Senbayram M.	163	White J.W.	73
Sensel K.	61	Wichmann S.	253
Sieling K.	59	Winkel B.	19
Siemens J.	241	Wolle A.	161
Spiller A.	7	Wragge V.	61
Stamp P.	49, 51	Wulkow A.	95, 247
Starke P.	165	Wünsch K.	155, 301
Stenske T.-A.	47	Yan F.	269
Stephan H.	117	Yaser H.	291
Stockfisch N.	71	Zacharias A.	263
Stockmann F.	53, 175, 177, 227, 229, 251, 257, 259, 261, 303, 305	Zecha C.	231
Strenner M.	89	Zikeli S.	305
Struck C.	131	Zutz K.	289
Stumm C.	91		