

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 26**

Technik in der Pflanzenproduktion

Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.
mit der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik VDI-MEG

| |
|---|
| Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren |
|---|

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Präsident: Prof. Dr. M. Wachendorf
Geschäftsführerin: Prof. Dr. C. Pekrun

Geschäftsstelle:
Institut für Angewandte Agrarforschung (IAAF)
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen
Neckarsteige 6-10
72622 Nürtingen
Telefon: 07022 / 201 404
E-Mail: carola.pekrun@hfwu.de

Tagung der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

mit der

**Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik
VDI-MEG**

16. bis 18. September 2014

Wien

Technik in der Pflanzenproduktion

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber:

C. Pekrun, M. Wachendorf
und L. Francke-Weltmann

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

**Verlag Liddy Halm
Göttingen 2014**

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: Technik in der Pflanzenproduktion

| | |
|--|----|
| Köpke, U.: Konzepte und Strategien für einen zukunftsfähigen Pflanzenbau..... | 1 |
| Böttinger, S.: Technische Innovationen für den Pflanzenbau | 4 |
| Kaul, H.-P., G. Bodner: Konservierende Bodenbearbeitung – Potenzial für Trockenstandorte | 8 |
| Demmel, M., H. Kirchmeier, R. Brandhuber: Konservierende Bodenbearbeitung – technische Lösungen | 12 |

Parallelsektion Boden und Bodenbearbeitung

| | |
|--|----|
| Rosner, J., W. Deix, A. Klik: Mulch- und Direktsaat als Erosionsschutz – Ver- suche aus Niederösterreich..... | 16 |
| Pekrun, C., T. Würfel, K. Köller, H.-P. Piepho, K. Weiß, A. Bunk: Konservierender Ackerbau – ein Anbausystem für Mitteleuropa? | 18 |
| Bischoff, J., N. Tauchnitz, M. Schrödter: Bio-Strip-Till: Streifenbearbeitung kombiniert mit Zwischenfruchtanbau und platzierter Gülle-Depot-Düngung zur Verbesserung von Nährstoffeffizienz und Bodenstruktur | 20 |
| Grüter, M., H. Vogel, F. Ellmer: Untersuchungen zum Durchdringungswiderstand auf sandigen Böden – Ergebnisse aus Forschung und Praxis..... | 22 |
| Wiese, A., H.-H. Steinmann: Interaktionen von Bodenbearbeitungsregime und Betriebsstrukturen mit Glyphosatanwendung im Ackerbau | 24 |
| Liebhard, P., J. Kamptner, P. Strauss: Einfluss einer unterschiedlichen Saatbett- bereitung bzw. einer Mulchsaat auf den Bodenbedeckungsgrad mit orga- nischer Substanz..... | 26 |

Parallelsektion Treibhausgase

| | |
|---|----|
| Bodner, G., S. Zechmeister-Boltenstern, H.-P. Kaul: Einfluss von Zwischenfrucht- begrünungen auf bodenbürtige Treibhausgasemissionen..... | 28 |
| Brauer-Siebrecht, W., A. Jacobs, H.-J. Koch, B. Märländer: Trockenmasse-, theo- retischer Methanhektarertrag sowie Flächenbedarf von Energiefruchtfolgen mit Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen | 30 |
| Jacobs, A., W. Brauer-Siebrecht, H.-J. Koch, B. Märländer: Treibhausgas- emissionen beim Anbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen – eine Systemanalyse verschiedener Energiefruchtfolgen..... | 32 |
| Klepatzki, J., F. Ellmer: Treibhausgasreduzierung auf Mineralböden: Potenziale in verschiedenen Nutzungssystemen..... | 34 |
| Räbiger, T., M. Andres, R. Fuß, H. Hegewald, K. Kesenheimer, S. Koebe, T. Suarez, H. Flessa, H. Kage: Quantifizierung direkter Lachgasemissionen einer typischen Rapsfruchtfolge | 36 |
| Vinzent, B., F.-X. Maidl, R. Fuß, K.-J. Hülsbergen: Messung von N ₂ O-Flüssen beim Anbau von Winterrapen in einem Feldexperiment auf sandigem Lehm..... | 38 |

Parallelsektion Getreide und Fruchtfolgen

| | |
|---|----|
| Flamm, C., E. Mursch-Radlgruber: Einfluss der Temperatursummen auf Quali- tätsparameter von Winterweizen (<i>Triticum aestivum</i> L.)..... | 40 |
|---|----|

II

| | |
|---|----|
| Piepho, H.-P., F. Laidig, T. Drobek, U. Meyer: Genetische und nicht-genetische Ertragstrends in langjährigen deutschen Wertprüfungsdaten..... | 42 |
| Reibe, K., C.-L. Roß, K.-P. Götz, T.F. Döring, F. Ellmer: Einfluss von Hydro-/Biomassekohle auf das Wurzelwachstum von Sommerweizen | 44 |
| Mechtler, K., E. Reiter, M. Lemmens, S. Scheriau, H. Felder: Auftreten von Fusariumpilzen und Mykotoxinen bei Körnermais in Österreich..... | 46 |
| Stein, S., H.-H. Steinmann: Der Einfluss von regionalen Faktoren auf die Wahl von Feldfrüchten und Fruchtfolgen..... | 48 |
| Oberforster, M., M. Werteker: Kornertrag und Qualität von Wintertriticale und Futterweizen im direkten Vergleich | 50 |

Parallelsektion Agroforst und KUP

| | |
|---|----|
| Ehret, M., R. Graß, M. Wachendorf: Biomassepotential eines Agroforstsystems aus Grünland und Weiden zur energetischen Verwertung | 52 |
| Böhm, C., M. Kanzler, D. Freese: Auswirkungen agroforstlicher Kurzumtriebswirtschaft auf das Bodenerosionspotential und den Kohlenstoffhaushalt südbrandenburgischer Ackerstandorte | 54 |
| Bärwolff, M., L.S. Jung, A. Vetter: Begleitvegetation eines Energieholz-Agroforstsystems – Eine Bewertung hinsichtlich Biodiversität und Ertragsbeeinflussung | 56 |
| Handler, F., W. Blumauer, D. Pezzolla: Bewertung von Ernteverfahren für Kurzumtriebsflächen bei unterschiedlichen Umtriebszeiten..... | 58 |
| Tariq, A., A. Gunina, N. Lamersdorf: Carbon sequestration in an agroforestry system, including short rotation coppices of poplar and willow..... | 60 |

Parallelsektion Düngung und Nährstoffe

| | |
|---|----|
| Severin, M., J. Breuer, M. Rex, J. Stemann, C. Adam, H. Van den Weghe, M. Kücke: Phosphatdüngewirkung von thermisch aufbereiteter Klärschlamm- asche im Vergleich zu Triplesuperphosphat..... | 62 |
| Severin, M., R. Fuß, R. Well, F. Garlipp, H. Van den Weghe: Treibhausgasemissionen bei der organischen Düngung: Einfluss von Boden, Düngemittel und Applikationstechnik | 64 |
| Rademacher, A., M. Haubold-Rosar: Gefäßversuche zur Wirkung von Biokohle- Substraten mit unterschiedlichen Kohlegehalten und Inputstoffen auf den Pflanzenaufwuchs und ausgewählte Bodenparameter von ertragsschwachen Acker- und Kippböden der Lausitz | 66 |
| Tauchnitz, N., J. Bischoff, M. Schrödter, F. Wiese, R. Meissner, H. Rupp, D. Bednorz, O. Christen: Zur Dynamik der Nährstoffausträge im Dränabfluss von Bodennutzungssystemen | 68 |
| Krieger, J., N. Fischer, F. Ellmer: Humusreproduktionsleistung verschiedener Gärprodukte aus Biogasanlagen auf einem anlehmigen Sandboden..... | 70 |
| Spicker, A., F.-X. Maidl: Optimierung der Düngung von Wintergerste durch Einsatz von Pflanzensensoren | 72 |

Parallelsektion Zuckerrübe I

| | |
|---|----|
| Reinsdorf, E., H.-J. Koch: Winterrüben - Modellierung der Temperatur des Rübenkopfes und deren Anwendung in der Risikoabschätzung für Frosttod..... | 74 |
|---|----|

III

| | |
|---|----|
| Loel, J., C. Hoffmann: Winterrüben – Mechanismen der Winterhärte von Zuckerrüben | 75 |
| Koch, H.-J., E. Reinsdorf, J. Loel, C. Hoffmann: Winterrüben - Ertragschossender Genotypen in Abhängigkeit von Bestandesdichte, Genotyp und Umwelt | 77 |
| Stephan, H., U. Böttcher, H. Kage: Yield potential of winter beet: Evaluation of risks and chances by means of a simulation model | 78 |
| Schnepel, K., C. Hoffmann: Winterrüben – potenzieller Ertrag bei verlängerter Wachstumszeit | 80 |
| Stockfisch, N., J. Loel, S. Ohl, E. Reinsdorf, H. Stephan, C. Hoffmann: Winterrüben – Bewertung der Ressourceneffizienz im Rahmen einer Technikfolgenabschätzung für den Winterrübenanbau | 82 |

Parallelsektion Modellierung

| | |
|---|----|
| Chen, T.-W., K. Kahlen, H. Stützel: Modelling the effects of temperature, CO ₂ enrichment and water stress on photosynthetic limitations – a new approach to upscale from leaf to canopy level | 84 |
| Svoboda, N., M. Strer, J. Hufnagel: Der Mais kommt früher – Veränderung des Saatzeitpunktes von Silomais in der Norddeutschen Tiefebene von 1981 bis 2070 | 86 |
| Stadler, A., S. Rudolph, M. Kupisch, M. Langensiepen, F. Ewert: Quantifying and modeling crop growth heterogeneity at the field scale | 88 |
| Gaiser, T., P.M. Küpper, U. Perkons, D. Uteau, T. Kautz, F. Ewert, U. Köpke: Estimating crop water and nitrogen uptake from the subsoil with the SIMPLACE modelling framework | 90 |
| Hoffmann, H. <i>et al</i> : Sensitivity of Crop Models to Spatial aggregation of Soil and climate data | 92 |

Parallelsektion Leguminosen

| | |
|---|-----|
| Bull, I.: Untersuchungen zum Anbau und zur Verwertung von Steinklee..... | 94 |
| Yan, F., J. Kalus, B. Honermeier: Wirkung von Wassermangel auf Kornertrag, Ertragsstruktur und Samenqualität von Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) | 96 |
| Sommer, H., A. Sundrum: In-Vitro-Verdaulichkeiten der Parameter Rohprotein und Lysin von Blattmasse und Ganzpflanze von Luzerne und anderen Kleeartigen | 98 |
| Döring, T.F., Köhn W., F. Ellmer: Vergleich der Ertragsstabilität von Körnerleguminosen auf leichten Standorten | 100 |
| Böhm, H.: Ertragsleistung und Winterhärte von Winterformen der Erbsen (<i>Pisum sativum</i> L.) unter norddeutschen Standortbedingungen..... | 102 |
| Neugschwandtner, R., K.V. Ziegler, S. Kriegner, H.-P. Kaul: Stickstofffixierungsleistung von Winterackerbohnen | 104 |

Parallelsektion Energiepflanzen und Klima

| | |
|--|-----|
| Strer, M., N. Svoboda, A. Herrmann: Klimawandel regional: Kommt die norddeutsche Landwirtschaft in kritische Phasen?..... | 106 |
| Gaudchau, M.: Standortsspezifische Leistungsfähigkeit von Sorghumsorten (<i>Sorghum bicolor</i> L.) zur Biomasseproduktion..... | 108 |

IV

| | |
|---|-----|
| Höppner, F., A.-S. Hecht, T. Ahrens: Silierung und Biogasbildung von Mischsilagen mit Rübe und Stroh | 110 |
| Krieger, J., M. Baumecke, A. Muskulus, F. Ellmer: Optimierung des Anbauverfahrens von Zuckerrüben zur Biogasgewinnung | 112 |
| Deim, F., J. Mayr, P. Liebhard: <i>Silphium Perfoliatum</i> L. - eine Alternative in der Produktion nachwachsender Rohstoffe in Österreich..... | 114 |
| Schrabauer, J., P. Liebhard, K. Buchgraber: Alternative mehrjährige Gräserarten für die energetische Nutzung und Futterproduktion..... | 116 |

Parallelsektion Zuckerrübe II

| | |
|--|-----|
| Hauer, M., H.-J. Koch: Zwischenfruchtanbau zur integrierten Kontrolle des Rübennematoden in Norddeutschland | 118 |
| Assinger, T. H. Eigner, G. Sigl, P. Liebhard: Einfluss verschiedener Zwischenfruchtarten und deren Folgewirkung bei Zuckerrübe in unterschiedlichen Klimagebieten..... | 120 |
| Trimpler, K., N. Stockfisch: Einfluss der Düngeform auf die Höhe der CO ₂ eq-Emissionen im Zuckerrübenanbau in Deutschland | 122 |
| Sigl, G., J. Refenner, E. Rauchberger, H. Eigner, P. Liebhard: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Ertrag und Qualität bei Zuckerrübe im semiariden Klimaraum..... | 124 |
| Schmittmann, O., P. Schulze Lammers: Alternative Anbausysteme für Zuckerrüben und deren technische Umsetzung..... | 126 |

Parallelsektion Freie Themen

| | |
|---|-----|
| El-Jellouli, A., F.-F. Gröblichhoff, T. Weyer: Vergleich von zwei Sensoren zur Beschreibung der Jugendentwicklung und der Abreife bei der Sommergerste .. | 128 |
| Ros, G.H., D.W. Bussink: Crop sensor applicability: influence of sampling design | 130 |
| Russo, M., B. Honermeier: Licht- und entwicklungsbedingte Modifikation von Ertragsparametern und sekundären Pflanzenstoffen bei drei Sorten der Zitronenmelisse (<i>Melissa officinalis</i> L.)..... | 132 |
| Grabendorfer, S.: Biofumigation im ökologischen Kartoffelanbau: Effekte auf Krautfäule und Knollenerträge..... | 134 |

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

| | |
|---|-----|
| Übelhör, A.: Entwicklung erosionsmindernder Anbauverfahren im Feldgemüsebau | 136 |
| Jerrentrup, J.S.: Insektendiversität in Abhängigkeit zur Beweidungsintensität auf einem Langzeitexperiment | 140 |
| Zutz, K., A. Fricke, H. Stützel: Variabilität innerhalb von Brokkoli Beständen, Ursache und Prognose zur Entscheidungsunterstützung | 144 |
| Munz, S.: Development of a generic, model-based approach to optimize light distribution and productivity in strip-intercropping systems | 148 |
| Biegemann, T., C. Kluß, R. Loges, F. Taube: Einfluss von Grünlanderneuerungen auf die THG-Emissionen | 152 |

Plenarvorträge: Technik in der Pflanzenproduktion

| | |
|--|-----|
| Pößneck, J.: Precision Agriculture – Bedeutung für einen umweltgerechten Pflanzenbau | 156 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| Griepentrog, H.W.: Precision Farming – Technische Lösungen am Beispiel der Bestandesetablierung..... | 163 |
| Holpp, M., T. Anken: Controlled Traffic Farming – mit permanenten Fahrspuren den Boden schonen und die Wachstumsbedingungen verbessern..... | 168 |

Posterpräsentation 1: Energiepflanzen und Klima

| | |
|---|-----|
| Mitterbauer, E., J. Bender, M. Erbs, M. Enders, A. Habkuß, H.-J. Weigel, F. Ordon: Growth and genome analyses of 100 different winter barley genotypes exposed to future CO ₂ concentrations under field conditions..... | 172 |
| Erbs, M., R. Manderscheid, L. Hüther, A. Schenderlein, H. Wieser, S. Dänicke, H.-J. Weigel: Mehr CO ₂ in der Atmosphäre beeinflusst die Qualität von Mais nur unter Trockenstress-Bedingungen: Ergebnisse aus Feldversuchen..... | 174 |
| Nurk, L., R. Graß, S. Hubert, C. Pekrun, M. Wachendorf: Misanbau von Energiemais mit Stangenbohnen im ökologischen Landbau: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres..... | 176 |
| Nurk, L., R. Graß, S. Hubert, M. Wachendorf, C. Pekrun: Misanbau von Mais mit Stangenbohnen - Entwicklung des Anbausystems für den konventionellen Anbau..... | 178 |
| Hensgen, F., M.P. Simon, R.L. Eckstein, A. Otte, M. Wachendorf: Erhalt der Artenvielfalt von Bergmähwiesen in der Hohen Rhön durch energetische Nutzung nach dem IFBB Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der invasiven Art <i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl..... | 180 |
| Bauhardt, J., N. Svoboda, J. Hufnagel, B. Koblenz, J. Rücknagel, O. Christen: Humusbilanz und Treibhausgasemission als Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkung der Landwirtschaft in der Norddeutschen Tiefebene..... | 182 |
| Gansberger, M., P. Liebhard, P. von Gehren, M. Weinhappel, J. Mayr: Bestandesetablierung von <i>Silphium perfoliatum</i> L. - Saat versus Pflanzung..... | 184 |
| Piepenschneider, M., L. Bühle, M. Wachendorf: Produktivität städtischen Straßenbegleitgrüns..... | 186 |
| Piepenschneider, M., S. de Moor, F. Hensgen, E. Meers, M. Wachendorf: Schwermetalle in städtischem Straßenbegleitgrün..... | 188 |
| Ruoss, N.H.-R., R. Well, H. Flessa, B.-C. Schäfer: Klimaoptimierte Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft (Optimierter Klimabetrieb) II..... | 190 |

Posterpräsentation 2: Getreide

| | |
|---|-----|
| Stumpf, B., F. Yan, B. Honermeier: Gesamtphenolgehalte in Weizenkaryopsen in Abhängigkeit von der N-Düngung..... | 192 |
| Manderscheid, R.: Resultate eines Feldexperiments zur Wirkung von Hitzestress während und kurz nach der Anthese auf das Kornwachstum bei Weizen* | |
| Haensch, J., H.-J. Weigel, R. Manderscheid: Resultate eines Klimakammerexperiments zur Wirkung von Hitzestress während der Anthese auf das Kornwachstum bei Weizen..... | 194 |
| Müller, M., E.A. Weber, W. Claupein: Einfluss des Entspelzungsverfahrens auf die Keimfähigkeit von Dinkel zur Saatguterzeugung..... | 196 |
| Michaelis, A.H., T. Makary, R. Schulz, T. Müller: Stößt eine gabenreduzierte N-Düngung mit KAS zu Winterweizen auf Hohertragsstandorten an ihre Grenzen?..... | 198 |

VI

| | |
|---|-----|
| Gröblichhoff, F.-F., B.C. Schäfer: Kompensationsvermögen von Winterweizensorten bei Dünn- und Spätsaaten..... | 200 |
| Angulo, C., H. Stützel: Einfluss von Trockenstress auf die Bestandsarchitektur von 16 Gerstengenotypen | 202 |
| Forster, F.J., H.J. Reents, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Auswirkungen von Standort und Bewirtschaftung auf den Ertrag von Winterweizen..... | 204 |
| Neugschwandtner, R., C. Brunhuber, P. Liebhard, P. Euteneuer, H.-P. Kaul, H. Wagenritstl: Weizenerträge in einem langjährigen Bodenbearbeitungsversuch. | 206 |
| Neugschwandtner, R., K. Böhm, R. Hall, H.-P. Kaul: Einfluss des Saattermins auf Ertrag und Ertragsstruktur von Wechselweizen..... | 208 |

Posterpräsentation 3: Leguminosen und Zuckerrüben

| | |
|---|-----|
| Desalegn, G., R. Turetschek, H.-P. Kaul, S. Wienkoop: Effects of tripartite symbiosis between field pea, rhizobia and mycorrhizal fungi on ascochyta blight (<i>Mycosphaerella pinodes</i>) | 210 |
| Schulze, S., H.-J. Koch: Einfluss der Bodenstruktur auf das <i>Rhizoctonia</i> -Inokulumpotential im Boden und den <i>Rhizoctonia</i> -Befall von Zuckerrüben..... | 212 |
| Gollner, G., J.K. Friedel: Wintererbse als Alternative zur Sommererbse im Pannonicum – Vergleich von Reinsaaten und Gemengen im Ökologischen Anbau..... | 214 |
| Lauer, D., G. Sander, G. Schlinker, H.-J. Koch: Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben im Herbst – Erste Erfahrungen auf Lössböden in Norddeutschland..... | 216 |
| Wohlmuth, M.-L., G. Gollner, E. Koschier: Reinsaat oder Gemenge? Befallsunterschiede durch <i>Sitona lineatus</i> L. und <i>Acyrtosiphon pisum</i> H. an <i>Pisum sativum</i> L. im Ökologischen Anbau | 218 |
| Alpmann, D., S. Rohn, J. Braun, B.-C. Schäfer: Praxiserhebungen zur Wirtschaftlichkeit des konventionellen Körnerleguminosenanbaus | 220 |
| Sommer, H., H. Schulz, A. Sundrum: Entwicklung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen .. | 222 |
| Sommer, H., A. Sundrum: Eignung der NIRS-Methode zur Analyse von Aminosäuren in Luzerne und kleeartigen Leguminosen..... | 224 |
| Döring, T.F.: Bodenansprüche und Anbauempfehlungen von Körnerleguminosen: Wie konsistent sind Informationen aus der Fachliteratur? | 226 |
| Klavács, B., S. Trittinger, H.-P. Kaul, A.M. Manschadi, J. Vollmann: Genotypic variation in root architectural and morphological traits in pea (<i>Pisum sativum</i>) and soybean (<i>Glycine max</i>) seedlings..... | 228 |

Posterpräsentation 4: Bodenbearbeitung und Anbausysteme

| | |
|---|-----|
| Koblenz, B., M. Lehmann, O. Christen: Auswirkung der Bodenbearbeitungsverfahren Mulchsaat und Strip-Tillage auf die Lumbricidenfauna einer Schwarzerde | 230 |
| Hermann, W., M. Pflugfelder, J. Link-Dolezal, W. Claupein: Strip-Till bei Winter-raps | 232 |
| Bryzinski, T., K.-J. Hülsbergen: Analyse von Ertragseffekten ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf Grundlage eines Dauerfeldversuchs in Süddeutschland..... | 234 |

VII

| | |
|---|-----|
| Pekrun, C., S. Hubert, H. Knechtges: Wirkung differenzierter Stoppelbearbeitung auf die Ertragsbildung – Ergebnisse aus sechs Versuchsjahren in Südwestdeutschland | 236 |
| Chmelíková, L., H. Schmid, B. Fischer, T. Ebertseder, K.-J. Hülsbergen: Durchwurzelungsintensität von Reihenkulturen | 238 |
| Chovancová, S., R. Neugschwandtner, E. Ebrahimi, H.-P. Kaul: Aqueous above-ground biomass extracts of cover crops affect germination and seedlings of maize | 240 |
| Neugschwandtner, R., S. Vondráčková, J. Száková, P. Tlustoš, J. Černý, H.-P. Kaul, H. Wagentristl: The “Eternal Rye” Experiment in Groß-Enzersdorf – Soil chemical characteristics after 105 years | 242 |
| Pachtrog, V., R. Neugschwandtner, J. Száková, P. Tlustoš, M. Kulhánek, J. Černý, H.-P. Kaul, P. Liebhard, H. Wagentristl: Soil chemical characteristic after 15 years of different tillage and rotation | 244 |
| Sommer, H.: Fruchtfolgeplanung als Instrument eines angepassten Nährstoffmanagements..... | 246 |
| Chappuis, A. von, R. Roßberg: Das Internationale DLG-Pflanzenbauzentrum (IPZ) in Bernburg-Strenzfeld – Ziele und Aufgaben..... | 248 |

Posterpräsentation 5: Energiepflanzen und Agroforst

| | |
|--|-----|
| Ehret, M., R. Graß, M. Wachendorf: Auswirkungen unterschiedlicher Lichtintensitäten auf Produktivität, botanische Zusammensetzung und Futterqualität eines Klee grasbestandes | 250 |
| Eberl, V., M. Fritz: Amarant – ein spurenelementreiches Biogassubstrat..... | 252 |
| Stockmann, F., V. Eberl, W. Fahlbusch, B. Sauer, M. Fritz: Biogasausbeuten mit spurenelementakkumulierenden Pflanzenarten stabilisieren – Einfluss von Buchweizen und Quinoa auf die Versorgung des Fermenters mit Cobalt und Nickel | 254 |
| Nagel, F., C. Wittmann, U. Feuerstein, K. Förster: Saatguterzeugung bei Bioenergiegräsern: 1. Untersuchungen zur Variabilität phänotypischer Merkmale von <i>Phalaris arundinacea</i> L. am Beispiel eines Zuchtsortiments | 256 |
| Wittmann, C., F. Nagel, U. Feuerstein, K. Förster: Saatguterzeugung bei Bioenergiegräsern: 2. Untersuchungen zur Ausfallfestigkeit von Spelzfrüchten in Rispen von <i>Phalaris arundinacea</i> L. am Beispiel eines Zuchtsortiments | 258 |
| Hartmann, A., M. Fritz: Mehrjährige Kulturen zur Biogasnutzung in Bayern..... | 260 |
| Bühle, L., F. Hensgen, M. Wachendorf: Produktivität und Brennstoffqualität entwässerter Silagen von Auengrünlandstandorten Zentraleuropas | 262 |
| Kanzler, M., C. Böhm, D. Freese: Nährstoffgehalte und Erträge von Kartoffeln in Abhängigkeit zur Entfernung vom Gehölzstreifen in einem Agroforstsystem | 264 |
| Wellacher, M., W. Thoma, P. Liebhard: Nutzung von abfallbürtigen verholzten Materialien nach den Normen EN 14961-1, ON C4005 und ISODIS17225 zur thermischen Verwertung | 266 |
| Wolfrum, S, A. Zvorykina, J. Lu, L. Chmelíková, J. Huber, A. Köhler, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Entwicklung einer einfachen Methode zur Bestimmung der Eignung von Agroforstsystemen als Naturschutzmaßnahme für Fledermäuse.. | 268 |

VIII

Posterpräsentation 6: Düngung und Humus

| | |
|--|-----|
| Herrmann, A., F. Schröder, C. Kluß, P. Lausen, E. Techow, G. Feger, F. Taube: Kaliumversorgung von Silomais auf leichten Standorten überdenken?..... | 270 |
| Oberländer, A., K. Trimpler, N. Stockfisch: Ausbringungstechnik flüssiger organischer Dünger in Zuckerrüben | 272 |
| Bednorz, D., N. Tauchnitz, J. Bischoff, M. Schrödter, J. Rücknagel, B. Koblenz, R. Meissner, O. Christen: Verringerung von Stickstoffausträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Zuge der Anwendung des Gülle-Strip-Till-Verfahrens | 274 |
| Lemme, H., D. Horn, H.-J. Koch: Die Kalkung von Lössböden erhöht wasserlösliches und EUF-extrahierbares P | 276 |
| Grabendorfer, S.: Der Einsatz von Kleegrasmulch als Dünger im ökologischen Kartoffelanbau: Effekte auf Krautfäule und Knollenerträge | 278 |
| Sadeghi, A., B. Honermeier: Effect of different mineral and organic fertilization on soil parameters and seed yield formation of winter wheat in a long term field experiment | 280 |
| Knebl, L., G. Leitholf, C. Brock: Ermittlung der komplementären Aufnahme von Mineraldünger-N und Humus-N durch Grünschnittroggen im Feld- und Gefäßversuch..... | 282 |
| Dannehl, T., G. Leithold, C. Brock: C-Massenbilanzen im Umsatz von Stroh und Gründüngung - Ergebnisse eines Inkubationsversuches | 284 |
| Dannehl, T., G. Leithold, C. Brock: Einfluss unterschiedlicher Stroh- und Gründüngungsvarianten auf die organische Bodensubstanz – Ergebnisse einer Metaanalyse | 286 |
| Surböck, A., M. Heinzinger, A. Schweinzer, J.K. Friedel, B. Freyer: Ertragswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im ökologischen Ackerbau..... | 288 |

Posterpräsentation 7: Futterbau und Sensorik

| | |
|---|-----|
| Bodner, G., T. Arnold, H.-P. Kaul, R. Leitner: Entwicklung eines hyperspektralen Wurzel-Imaging-Systems | 290 |
| Safari, H., T. Fricke, M. Wachendorf: Prediction of aboveground biomass in heterogeneous pastures using ultrasonic sward height and spectral vegetation indices | 292 |
| Hollberg, J.L., M. Vittek, J. Schellberg: Die zeitliche Variabilität von Vegetationsindices und deren Nutzen zur fernerkundlichen Differenzierung von Graslandgesellschaften..... | 294 |
| Poyda, A., T. Biegemann, C. Kluß, R. Loges, F. Taube: Klimarelevanz futterbaulich genutzter Niedermoore in Schleswig-Holstein | 296 |
| Spicker, A., F.-X. Maidl: Optimierung der N-Bilanz von Winterraps durch Einsatz von Pflanzensensoren..... | 298 |
| Geipel, J., J.A. Wirwahn, J. Link, W. Claupein: Eine programmierbare Red Edge Inflection Point (REIP) Kamera für Unmanned Aircraft Systems (UAS) | 300 |
| Reddersen, B., T. Fricke, M. Wachendorf: Ein Multisensorischer Ansatz mit Blattflächenindex, Ultraschall-Distanzmessung und Vegetationsindices zur Abschätzung von Biomasseertrag im extensiven Grünland..... | 302 |

IX

| | |
|--|-----|
| Komainda, M., A. Herrmann, C. Kluß, F. Taube: Ertragsleistung und Umwelteffekte von Silomais- Winterzwischenfrucht-Systemen in Norddeutschland | 304 |
| Bunne, I., C. Kluß, R. Loges, F. Taube: Lachgasemissionen verschiedener Futterproduktionssysteme in Abhängigkeit von der Vornutzung..... | 306 |
| Link, J., P. Söll, W. Claupein: Einsatz eines optischen Sensors zur Steuerung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Winterweizen | 308 |

Posterpräsentation 8: Freie Themen

| | |
|---|------------|
| Shala-Mayrhofer, V., S. Aliu, F. Elezi, B. Rexhepi, A. Koci, M. Lemmens, H.-P. Kaul: Untersuchung verschiedenen Mais-Genotypen aus Österreich, Kosovo und Albanien auf Resistenz gegen Kolbenfusariose | 310 |
| Gruber, S., S. Huang, E.A. Weber, W. Claupein: Untersuchungen des aktuellen Sortiments von Clearfieldraps auf sekundäre Dormanz der Samen..... | 312 |
| Stültgens, C., E.A. Weber, S. Gruber, W. Claupein: Welchen Einfluss hat die Tiefenlage von dormanten Rapsamen auf Dormanzbrechung und Aufgang? .. | 314 |
| Shafiee-Hajiabad, M., F. Yan, A. Olischewsky, B. Honermeier: Antioxidant capacity of different <i>Origanum vulgare</i> subspecies under two microclimate conditions | 316 |
| Fuchs, W., A.M. Manschadi, R. Neugschwandtner, H.-P. Kaul: Parameterizing APSIM for winter and spring wheat cultivars in the Pannonian climate of eastern Austria | 318 |
| Fricke, A., L. Klünker, R. Schweiggert, R. Carle, H. Stützel: Einfluss von Sortenwahl, Bestandsdichte und Bewässerung auf den Betalainertrag von Roter Bete (<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>conditiva</i>) | 320 |
| Krebs, M., D. Rautmann: Neue Ansätze zur Lösung der Probleme mit der Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln..... | 321 |
| Gobor, Z., H. Heuberger, R. Rinder: Entwicklung und Optimierung einer Präzisionsmäschmaschine für Heil- und Gewürzpflanzen (Feinsämereien)..... | 323 |
| Autorenverzeichnis | 325 |

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Konzepte und Strategien für einen zukunftsfähigen Pflanzenbau

Ulrich Köpke

Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
Katzenburgweg 3, 53115 Bonn. E-Mail: ukiol@uni-bonn.de

Einleitung

Der landwirtschaftliche Pflanzenbau ist als wissenschaftliche Disziplin vorrangig ein an den Methoden der Naturwissenschaften orientiertes Lehr- und Forschungsgebiet. Es ist zwar immer noch das umfangreichste agrarwissenschaftliche Fachgebiet, aber durch die Entwicklung eigenständiger Tochterdisziplinen mit dem Fachgebiet ‚Pflanzenproduktionslehre‘ zu einer Disziplinfamilie metamorphosiert, zu der neben der Mutterdisziplin ‚Pflanzenbau‘ beispielsweise auch die Landwirtschaftliche Bodenkunde, die Pflanzenernährung und die Phytomedizin gehören (Böhm 1990). Diese Disziplinen finden sich in jüngerer Zeit z. T. in Gross-Instituten mit modernen Disziplinen der *life-sciences* unter einem Dach gleichrangig vereint. In diesem Umstand sehen Langensiepen und Herbst (2008), die die zentrale Rolle der Pflanzenbauwissenschaften als interdisziplinäres Forschungsgebiet zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften identifizieren, die Möglichkeit gegeben, hinderliche Kommunikationshürden zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und den Natur- und Humanwissenschaften leichter zu überwinden.

In der Lehre ist ‚der Pflanzenbauer‘ oft genug als integrierender Generalist gefragt. Auch für eine ‚Praxis mit Wissenschaft‘ sind Integration und Moderation der Erkenntnisse, wie sie durch hohe Spezialisierung, methodische Entwicklung und Modularisierung in den einzelnen Fachdisziplinen vielfältig entstehen, durch den Pflanzenbauer heute und künftig unverzichtbar. In der jüngeren Zeit prägt der Pflanzenbauer als Wissenschaftler diese Rolle auch verstärkt als Modellbildner.

Zu den klassischen Oberzielen des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus, der hinreichenden quantitativen Erzeugung von Kulturpflanzen hoher Qualität in den Bereichen *food*, *feed* und *fiber*, ist in den letzten zwei Dekaden - unter anderem begründet mit Nachhaltigkeitszielen - ein viertes ‚f‘ (für *fuel*) hinzugekommen. Vernachlässigt wurde bis dato das bislang nicht benannte - gleichwohl wichtige, da umfassende fünfte ‚f‘ (für *further*). Es umfasst *further deliveries*, beispielsweise von der Gesellschaft geforderte Ökologische Leistungen, die nur in den agrarisch genutzten Flächen durch eine entsprechend ausgerichtete Bodennutzung (Ökologische Vorrangflächen) bereitgestellt werden können.

Technikentwicklungen, wie sie unter ‚*precision farming*‘ oder ‚*precision agriculture*‘ im weitesten Sinne gefasst werden können, stellen die Schlüsseltechnologie für dauerfähige ressourcenschonende Bodennutzungssysteme, landwirtschaftliche Betriebe und Anbauverfahren, die sich vorausschauend immer mehr an ökologischen Zusammenhängen orientieren werden, geplante und assoziierte Diversität berücksichtigen und in die Konzepte und Strategien des Pflanzenbaus einbeziehen.

Strand der Forschung und Ausblick

Die technisch-methodischen Entwicklungen der Präzisionslandwirtschaft lassen sich im Umgang mit Heterogenität zwei Komplexen zuordnen:

1. Die Erfassung, die Analyse und der Umgang mit gegebenen Boden-, Bestandes-, und Ertragsheterogenitäten,
2. Die gezielte Schaffung und Nutzung von Heterogenität des Bodengefüges und der Nährstoffverteilung.

Zum ersten Komplex gehören die

- exakte GPS-gestützte möglichst feinauflösende Erfassung von Boden- und Bestandesheterogenitäten unter Einbezug der Segetalflora in hinreichender Auflösung mit entsprechenden digitalen Karten;
- Verschneidung der generierten Daten;
- Ableitung kausaler Zusammenhänge zur Interpretation von Ertragsunterschieden;
- daraus folgende kleinräumig standortoptimierte pflanzenbauliche Verfahren der Teilflächenbewirtschaftung, wie z.B. *on-line* variierte Standraumzumessung (Saatdichtedifferenzierung) und angepasste Düngung.

Die bislang verfügbaren Techniken sind vielfach noch fragil, d.h. wenig treffgenau, kostenaufwendig und nur für grössere Maschinen und Arbeitsbreiten verfügbar. Daraus resultieren u. A. geringere Auflösungsgrade und gleichzeitig die weitere Diskriminierung kleinerer Betriebe bei technischem Fortschritt und Rationalisierung. Neuere Sensorensysteme, Hochdurchsatztechnologien und Bildgebende Verfahren, wie sie derzeit in Untersuchungen zur Phänotypisierung untersucht und erprobt werden (Goldbach 2014), mögen künftig zum technologischen Standard auf der Feldskala, der *on-line* Bestandese Erfassung, gehören. Insbesondere für die Optimierung von Herbizidapplikationen ist die treffgenauere Erkennung der Segetalflora, d.h. die Differenzierung der Arten und unter Naturschutzaspekten auch die sensorische Erkennung von gefährdeter Ackerwildkrautflora unverzichtbar.

Zum zweiten Komplex gehören

technische Lösungen wie

- *Strip Till* und Einzelkornsaat;
- platzierte Düngung (Unterfußdüngung, Unterflurdüngung);
- *Controlled Traffic Farming, CTF* und

fruchtfolgetechnische Strategien wie

- Generierung von Bioporensystemen.

Partielle Bodenbearbeitung im *Strip Till*- Verfahren mit Einzelkornsaat kann potenziell den Erosions- und Verdunstungsschutz von Direktsaatssystemen im unbearbeiteten Boden mit der Schaffung eines durchlüfteten und sich rascher erwärmenden Bodens mit günstigem Bodengefüge für die Wurzelentwicklung von Reihenfrüchten wie Zuckerrüben, Mais und Körnerleguminosen kombinieren. Mit der Applikation einer Unterfuß- bzw. Unterflurdüngung ist eine effizientere Ausnutzung von nicht mobilen Nährstoffen wie Ammonium und Phosphat, die gleichzeitig die Wurzelverzweigung und Wurzelhaarbildung fördern, möglich. Die permanente Einrichtung des *Strip Till*-Verfahrens mit der exakten Positionierung und Wiederfindung der Streifen steht gleichwohl infrage. Streifenabstände von 37-70 cm erlauben bislang keine optimierte Standraumzumessung zu Getreide, es sei denn, mit dem Einsatz von

Direktsaatmaschinen kann das Risiko unterschiedlicher Kulturpflanzenentwicklung bei unterschiedlichem Bodengefüge minimiert/toleriert werden.

CTF-Systeme sind mit standardisierten Spurbreiten und Grundarbeitsbreiten von 1,80 m bzw. 6, 8m oder Vielfache davon grundsätzlich auch unter hiesigen Einsatzbedingungen denkbar. In solchen Systemen ist die exakte Wiederfindung der Regelspur und die Befahrung mit schmaler Bereifung unverzichtbar. Ob im Gegensatz zum *Strip Till*- Verfahren der verfügbare Bodenraum umfangreicher von den Wurzelsystemen erschlossen werden kann, muss untersucht werden.

Jüngere Untersuchungen zum Verhalten der Wurzeln in der Drilosphäre zeigen, dass Wurzeln durchaus aus vermeintlich attraktiveren Bodenräumen, wie zum Beispiel nährstoffausgekleideten Bioporen, in den dichteren nährstoffärmeren bulk-Boden einwachsen können (Kautz 2014). In welchem Umfang durch Schaffung von Bodenheterogenität mit der Schaffung einer höheren Bioporendichte im Unterboden durch allorhize Wurzelsysteme des Feldfutterbaus mit Förderung der Regenwurmabundanz und –aktivität Nährstoffe aus der Festphase Pflanzen verfügbar gemacht werden können ist Gegenstand derzeitiger Untersuchungen im Rahmen eines DFG-Paketantrags PAK 888 als Folgeprojekt der DFG Forschergruppe 1320. Die genannte Strategie ist gewiss ein gewichtiges Element im Rahmen von Konzepten und Strategien eines zukunftsfähigen Pflanzenbaus. Zukunftsfähiger Pflanzenbau umfasst auch Strategien des *Opportunistic tillage* und *Opportunistic Cropping*. Beide Ansätze sehen die optimierte Fruchtfolge als Kernstück des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus und sind auch als strategische Antworten auf Klimawandel und Anbauprobleme nicht nur im Ökologischen Landbau und Gemischtbetrieb sondern auch aufgrund dauerhaft einseitig ausgerichteter Anbauverfahren (permanente Direktsaat, Glyphosat- Resistenzen, Ackergräser, insbesondere Ackerfuchsschwanz etc.) zu untersuchen.

Literatur

- Böhm, W. 1990: Einführung in die Wissenschaftsgeschichte des Pflanzenbaus. Triade-Verlag E. Claupen, Göttingen 59 Seiten.
- Böhm, W. 1996: Beiträge zum Wissenschaftsverständnis des Pflanzenbaus. Ein bibliografischer Wegweiser. Verlag Adelheid Böhm, Göttingen. 31 Seiten.
- DFG Forschergruppe 1320: <http://www.for1320.uni-bonn.de/>
- Goldbach, H. 2013: Recent Developments in Crop.Sense net. www.youtube.com/watch?v=O9mYEJBcoI4
- Kautz, T. 2014: Wurzelwachstum von Ackerkulturen im Unterboden: Vorfruchtwirkungen des Feldfutterbaus. Habilitationsschrift. Landwirtschaftliche Fakultät Universität Bonn.
- Langensiepen, M. & Herbst, R. 2008: Pflanzenbauwissenschaften als interdisziplinäres Forschungsgebiet zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften - Denkschrift. Erste Auflage. Humboldt-Universität zu Berlin. ISBN 978-3-86004-215-1. 30 Seiten.

Technische Innovationen für den Pflanzenbau

Stefan Böttinger

Institut für Agrartechnik, Fg. Grundlagen der Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart.
E-Mail: boettinger@uni-hohenheim.de

Landtechnikindustrie in Deutschland

Wie viele andere Branchen des Maschinenbaues ist auch die Landtechnikindustrie in Deutschland sehr stark. In 2013 wurden von ca. 200 Unternehmen mit über 30.000 Mitarbeitern Maschinen im Wert von ca. 8,5 Mrd. € produziert. Mit einer Exportquote von gut 2/3 ist Deutschland auch in dieser Branche „Exportweltmeister“ [1]. Neben dem hohen Wert ist aber auch die hohe Technologiestufe, welche die Landtechnik erreicht hat, hervorzuheben. Heute weltweit angewandte Innovationen wie beispielsweise gefederte Vorderachsen in modernen Traktoren, stufenlose leistungsverzweigte Getriebe oder der CAN-Bus in Erntemaschinen sind hier entwickelte und in den Markt eingeführt worden.

Zusammenarbeit von Pflanzenbau und Landtechnik

Damit technische Innovationen für den Pflanzenbau entwickelt werden können, ist die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen notwendig. Pflanzenzüchtung, Pflanzenernährung, Pflanzenschutz und Pflanzenbau ergeben zusammen mit der Landtechnik Lösungen für Pflanzenbausysteme.

Erfolgreiche Beispiele wie Controlled Traffic Farming und Precision Farming werden in den Plenarvorträgen dieser Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften dargestellt. Weniger erfolgreiche Beispiele lassen sich natürlich auch finden. So werden beispielsweise die Hersteller von Erntemaschinen meist nicht über die Entwicklungen der Pflanzenzüchter und Pflanzenschützer informiert, sondern müssen auf deren Ergebnisse reagieren. Der Einsatz von Strobilurin als Fungizid im Getreidebau führte auch zu grünem Stroh bei der Getreideernte. Dies reduziert den möglichen Gutdurchsatz eines Mähdreschers und erfordert eine Anpassung der Einstellungen. Dieses Beispiel zeigt, dass eben auch die Druscheignung eine Pflanzeigenschaft ist, die bei der Züchtung und der Pflanzenschutzentwicklung stärker berücksichtigt werden sollte.

Die Landtechnik selbst kann wiederum aufgegliedert werden in die Landtechnikindustrie und in die Vereinigung der Landtechniker selbst.

Organisation der Landtechnikindustrie

Die Landtechnikindustrie ist innerhalb des Fachverbandes Landtechnik im VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) organisiert [2]. Die europäischen Herstellerverbände sind wiederum Mitglieder in der CEMA, Brüssel [3]. Durch diese Verbände und in deren Arbeitsgruppen werden die Interessen der Unternehmen vertreten. Beispielsweise werden durch Arbeitsgruppen Normenprojekte durchgeführt und auch eine harmonisierte Entwicklung und Markteinführung von neuen Technologien auch auf internationaler Ebene abgestimmt. Die Einführung des ISOBUS (ISO 11783) [4] und die Gründung der AEF Agricultural Electronic Foundation [5], damit weitere wichtige technische Aufgaben im Bereich der Elektrik und Elektronik für die Landwirtschaft von der Industrie gemeinsam angegangen werden können, sind Beispiele dafür.

Wie alle Konsum- und Investitionsgüterbranchen, so steht auch die Landtechnikindustrie vor der Herausforderung, dafür zu sorgen, dass die CO₂-Emissionen ihrer Maschinen reduziert werden. Hierbei kann aber nicht der Blick nur auf eine Einzelmaschine gerichtet werden, sondern es sind Systeme aus Maschinen und Geräten für die gesamte landwirtschaftliche Produktion zu betrachten. Neben dem 4-Säulen-Modell der Landtechnikindustrie zur CO₂-Reduktion müssen die Maschinenemissionen insgesamt, von der Aussaat bis zur Einlagerung, bezogen auf den Ertrag betrachtet werden [6].

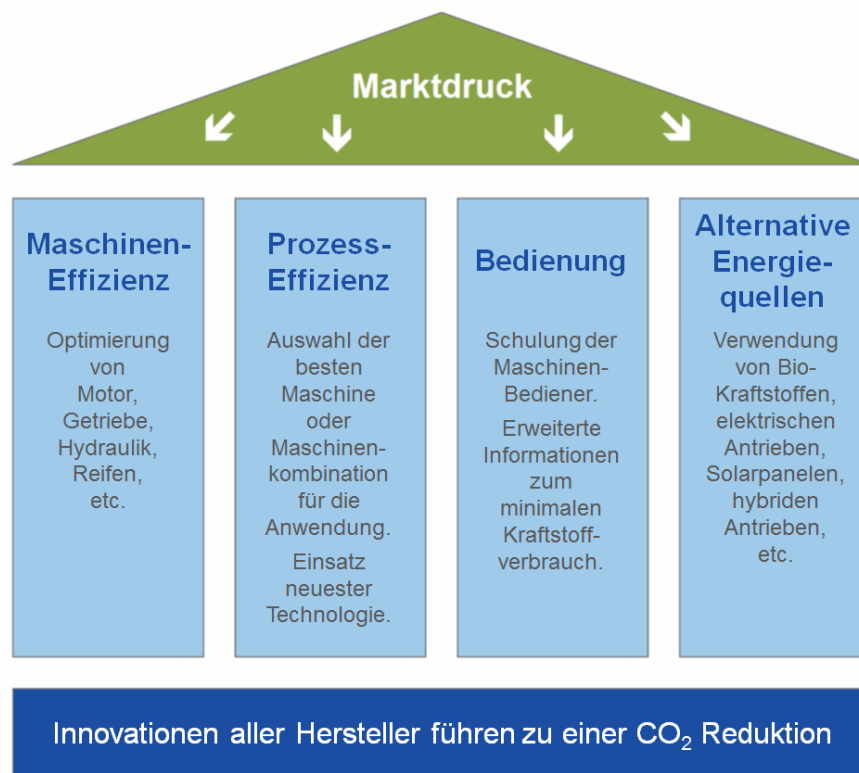


Abbildung 1: 4-Säulen-Modell der Landtechnik-Industrie zur CO₂-Einsparung, nach [6].

Organisation der Landtechniker

Die Interessen der individuellen Agrartechniker werden durch die MEG Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI e.V. vertreten. Im VDI sind Einzelpersonen Mitglieder und die Ziele des VDI dienen deren Unterstützung. Der VDI ist einerseits regional in Bezirksvereinen und inhaltlich in 54 Fachbereiche strukturiert und lebt durch seine ehrenamtlich arbeitenden Experten.

Der Fachbereich VDI-MEG gliedert sich in einen Vorstand, den Beirat und in die verschiedenen Fachausschüsse, Abb. 1. Im Beirat ist ein Querschnitt aus größeren und kleineren Agrartechnikunternehmen, aus Forschung, Ausbildung und Beratung sowie alle Leiter der einzelnen Ausschüsse vertreten. In den Ausschüssen werden beispielsweise die Tagungen der VDI-MEG inhaltlich vorbereitet. Oder die Professoren von Universitäten und Fachhochschulen treffen sich, tauschen sich aus und stimmen sich ab.

Besonders hervorzuheben ist die Nachwuchsförderung. In zwei jährlich stattfindenden Nachwuchsförderungstagungen bei Unternehmen bekommen Studierenden die unterschiedlichen möglichen Tätigkeitsfelder in Industrie, Handel,

Forschung und Beratung vorgestellt. In diesem Rahmen werden auch die vier Nachwuchsförderungspreise für die besten Abschlussarbeiten im Bachelor- bzw. im Masterstudium aus den Bereichen Agrartechnik und Maschinenbau verliehen. Die Vernetzung der Studierenden mit bereits im Berufsleben stehenden Agrartechnikern wird durch die kostenlose Teilnahme an unseren Tagungen gefördert.

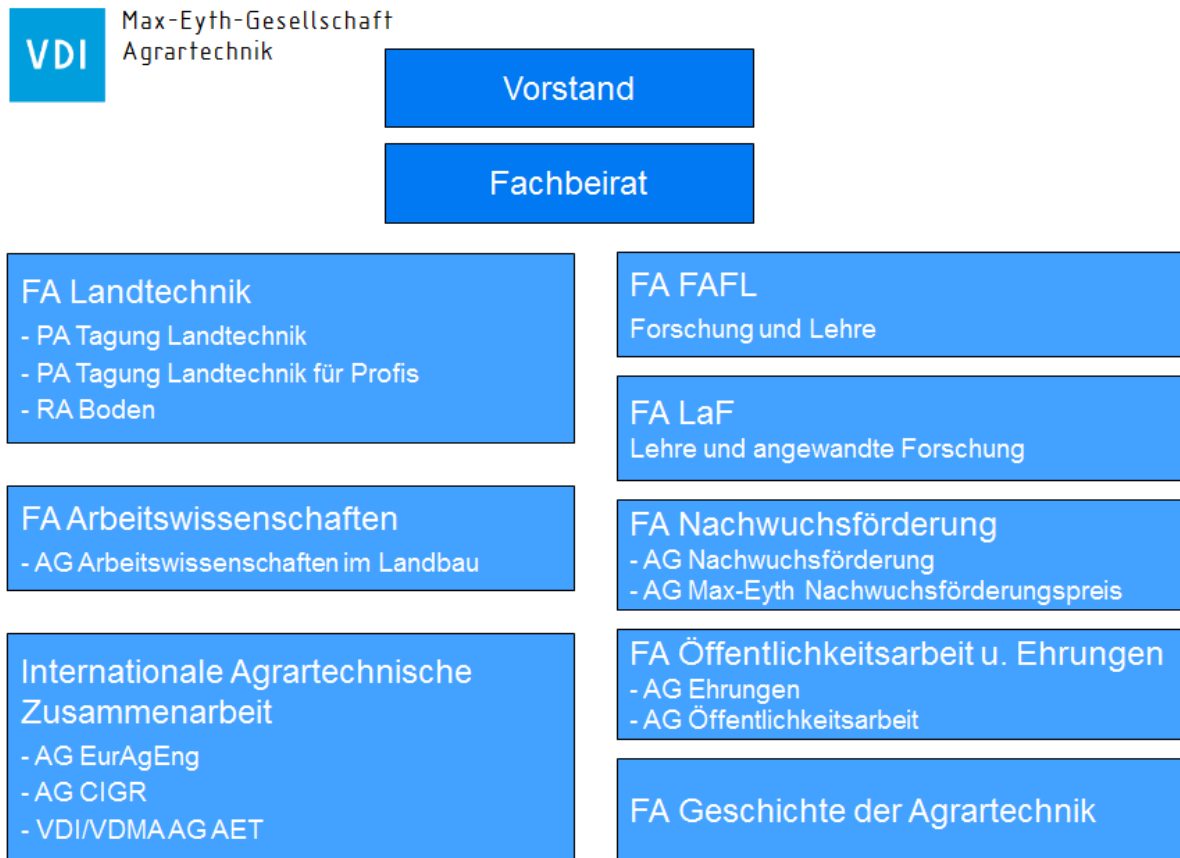


Abbildung 2: Struktur der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik im VDI. FA Fachausschuss, PA Programmausschuss, RA Richtlinienausschuss, AG Arbeitsgruppe.

Schwerpunkte landtechnischer Innovationen

Für die Landwirte und Lohnunternehmen sollen Maschinen und Geräte zur Verfügung gestellt werden, mit denen sie ihre Aufgaben auf den Feldern wie gewünscht durchführen können. Dazu sollen diese Maschinen und Geräte effizient eingesetzt werden. Neben der Optimierung der einzelnen Maschinen hinsichtlich Maschinen- und Prozesseffizienz liegt ein Schwerpunkt in der Entwicklung von Systemen, die bessere Information für den Bediener über die aktuelle Prozessqualität zur Verfügung stellt. Darauf aufbauend werden teil- bis vollautomatisierte Prozessführungen realisiert.

Bessere Fahrerinformationen am Beispiel des Mähdreschers sind die Anzeige der aktuellen Körnerverluste an Trenn- und Reinigungseinrichtung, des aktuellen Korndurchsatzes, der Kornfeuchte und der Überkehrbelastung. Teilautomatische Funktionen sind die automatische Schneidwerksführung längs und quer zur Bodenkontur, die Anpassung der Haspeldrehzahl nach der Fahrgeschwindigkeit, die Anpassung der Fahrgeschwindigkeit nach dem Gesamtdurchsatz und nach den Körnerverlusten sowie die automatische Lenkung der Maschine entlang der

Bestandskante. Vollautomatisch können schon bei ein paar Mähdreschermodellen kontinuierlich die Maschineneinstellungen von der Dreschtrommeldrehzahl bis zur Fahrgeschwindigkeit an die aktuellen Erntebedingungen angepasst werden.

Maschinenübergreifende Optimierungen verbessern die Zusammenarbeit von Maschinen-Geräte-Kombinationen und von mehreren Maschinen. Mit Hilfe der ISOBUS-Vernetzung zwischen Traktor und Anbaugerät können bereits Anforderungen von einer angehängten Ballenpresse an die Fahrgeschwindigkeit und an die Lenkung des Traktors übertragen werden. Je nach Elektronikversion des Zugfahrzeuges werden diese Anforderungen dem Fahrer angezeigt oder selbsttätig ausgeführt. In diesem Beispiel wird dadurch eine optimale Befüllung der Presskammer durch angepassten Gutdurchsatz und durch gleichmäßige Breitenausnutzung der Ballenkammer erreicht. Die Zusammenarbeit mehrerer Maschinen wird beispielsweise bei der Überladesteuerung zwischen Mähdrescher oder Feldhäcksler auf den Anhänger eines Traktors durchgeführt. Die Fahrgeschwindigkeit beider Maschinen wird synchronisiert, beim Feldhäcksler erfolgt zudem die Steuerung des Überladekrümmers derart, dass die Befüllung des Anhängers automatisch, verlustfrei und vollständig erfolgt.

Die Steuerung einer Verfahrenskette wie sie typischerweise bei der Silagebereitung mit Feldhäcksler, Transportfahrzeugen, Silobefüll- und Walzschlepper benötigt werden, erfordert einen noch umfassendere Datenaustausch zwischen den Maschinen und einer zentralen Leitwarte. Diese kann mobil auf einem der Fahrzeuge oder, was typischer ist, stationär im Büro eines Disponenten untergebracht sein. Unterstützt mit aktuellen Informationen über die Auslastung der einzelnen Glieder der Verfahrenskette kann der Disponent heute diese Kette überwachen und optimieren. Zukünftig könnten auch bei diesem Beispiel manche Steuerungen automatisch erfolgen.

Durch die geschilderten Beispiele für die unterschiedlichen Tiefen der Optimierung und Automatisierung werden nicht nur die Maschinen effizient eingesetzt. Zusätzlich wird durch die Fahrerentlastung dafür gesorgt, dass auch der Bediener über den gesamten langen Arbeitstag die komplexen Maschinen steuern kann.

Literatur

- [1] Scherer, B.: Allgemeine Marktlage. VDMA Arbeitskreis Technik AKT, 26.02.2014, Frankfurt.
- [2] www.lt.vdma.org
- [3] www.cema-agri.org
- [4] ISO 11783 1-14: Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network.
- [5] <http://www.aef-online.org>
- [6] -, -: CECE and CEMA – Optimising our industry 2 reduce emissions.
<http://cema-agri.org/sites/default/files/publications/CECE-CEMA-CO2-SuccessStories.pdf>,
 Zugriff 20.07.2014

Konservierende Bodenbearbeitung – Potenzial für Trockenstandorte

Hans-Peter Kaul & Gernot Bodner

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau. E-Mail: *hans-peter.kaul@boku.ac.at*

Problemstellung

Seitdem der Mensch begonnen hat systematisch Nutzpflanzen anzubauen, ist die Bodenbearbeitung ein bedeutendes Element landwirtschaftlicher Bodennutzungssysteme. Dabei hat er bereits sehr früh in der Geschichte unter großem physischen und zeitlichen Aufwand die Pflugarbeit eingesetzt, um den Boden tiefgreifend zu lockern und insbesondere zu wenden. Bodenbearbeitungssysteme können in die Verfahren der konventionellen Bodenbearbeitung (mit Pflug), der konservierenden oder reduzierten Bodenbearbeitung und der Direktsaat eingeteilt werden. In jüngerer Zeit besteht zunehmendes Interesse an der konservierenden Bodenbearbeitung, bis hin zum kompletten Verzicht („no-till“), aufgrund von ökonomischen und ökologischen Vorteilen (Derpsch et al. 2011).

Wassermangel ist nach Einschätzung der UNESCO (2012) eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Rund 36% der Weltbevölkerung lebt in Regionen mit knapper Wasserverfügbarkeit (Safriel et al. 2005). Trockenstandorte weisen nach UNEP (1992) ein Verhältnis zwischen jährlichem Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration von $<0,65$ auf. Für das Ertragspotential von Nutzpflanzenbeständen auf Trockenstandorten ist zudem von großer Bedeutung, ob das Wachstum im Wesentlichen auf Bodenwasservorräten aus – häufig winterlichen – Regenperioden beruht („storage driven“), oder auf gelegentlichen Regenfällen während der Vegetationsperiode („supply driven“) (Rodriguez-Iturbe et al. 2001).

Für die naturwissenschaftliche Agrarforschung und den Pflanzenbau im Besonderen ergibt sich die dringliche Aufgabe, in der Kombination von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen die Effizienz der Wassernutzung in pflanzenbaulichen Produktionssystemen zu erhöhen, ohne dass es zu Ertragseinbußen kommt. Hierfür müssen grundlegende, mechanistische Verständnisse einzelner Prozesse auf niedrigem Skalenniveau mit dem komplexen Systemmanagement auf der Feldebene verknüpft werden. Wesentliche Ziele des Managements sind hierbei:

- (i) Die Maximierung der Infiltration, der nutzbaren Feldkapazität und der Durchwurzelungstiefe.
- (ii) Die Minimierung der Evaporation, des Oberflächenabflusses und der Versickerung aus dem durchwurzelten Bodenraum.

Im vorliegenden Beitrag wird der Frage nachgegangen, welche Beiträge die konservierende Bodenbearbeitung für diese Zielsetzungen leisten kann. Dabei stehen die kontinentaleuropäischen Ackerbauregionen mit gemäßigttem Klima im Mittelpunkt der Betrachtung, die als „supply driven“ eingeordnet werden. Die erwarteten Klimaänderungen an den semi-ariden Standorten Mitteleuropas, die bislang von Niederschlägen während der Vegetationsperiode gespeist wurden, lassen allerdings eine Zunahme von (Früh)sommer-Trockenheit, und damit vermehrten generativen Stress bei Getreide bzw. zu sensiblen Entwicklungsstadien etwa bei Mais und Zuckerrübe, befürchten (Bodner 2014a).

Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt

Bodenbearbeitung hat kurz- sowie langfristige Auswirkungen auf den Boden und in der Folge auf die Wachstumsbedingungen von Kulturpflanzenbeständen. Sie beeinflusst die Porengrößenverteilung sowohl im Bereich der speicherrelevanten Fein- und Mittelporen als auch der für die Wasserleitung wichtigen Makroporen. Dabei stellen sich bei etablierten Systemen langfristig Fließgleichgewichte ein, die allerdings von kurzfristigen dynamischen Veränderungen – Wochen bis Monate nach einer Maßnahme – überlagert werden. Eine einmalige Bodenbearbeitung mit einer Kreiselegge zur Saatbettbereitung führte z. B. zu einer vierfachen Steigerung des Makroporenvolumens, die erst nach ca. 18 Monaten wieder auf den Ausgangswert zurückging (Bodner et al. 2013). Die Berücksichtigung dieser zeitlichen Variabilität in Simulationsmodellen für Agrarökosysteme kann die Simulationsgüte des Bodenwasserhaushaltes signifikant verbessern (Schwen et al. 2011a).

Hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes an trockenen Produktionsstandorten sind nach Bodner (2014a) folgende Maßnahmen von besonderer Bedeutung:

- (i) Das Belassen einer Mulchauflage auf dem Boden reduziert unproduktive Verdunstung (Evaporation) sowie den oberflächlichen Abfluss und die Erosion, so dass der Bodenwassergehalt gegenüber unbedecktem Boden erhöht wird. Während Oberflächenabfluss bereits bei Mulchdeckungsgraden >30% wirksam vermindert wird, erfordert eine Reduzierung der Evaporation einen Mindestbeckungsgrad der Bodenoberfläche von 50% (Kálmar et al. 2013).
- (ii) Eine Stoppelbearbeitung erhöht nach der Getreideernte die Infiltrierbarkeit und beugt somit ebenso möglichem Oberflächenabfluss und in der Folge der Erosion vor. Zusätzlich wird auf tonigen Böden die Porenkontinuität und die ungesättigte Wasserleitfähigkeit verringert. In Konsequenz sollte mehr gespeichertes Bodenwasser für eine Nachfrucht zur Verfügung stehen. Der wasserkonservierende Effekt der Stoppelbearbeitung wird jedoch in letzter Zeit zunehmend in Frage gestellt (Pekrun et al. 2011, Kálmar et al. 2013).
- (iii) Bei reduzierter Bodenbearbeitung entstehen langfristig mehr Makroporenkontinuität, Wasserspeicherfähigkeit und Strukturstabilität. Blair et al. (2006) zeigten, dass für den Aufbau des funktionell wichtigen Sekundärporensystems in reduzierten Bodenbearbeitungssystemen besonders der managementsensitive, leicht umsetzbare organische Kohlenstoff von Bedeutung ist.

Die Nutzung der Bodenwasservorräte wiederum hängt mit der Ausbildung des Wurzelsystems zusammen. Die geringere Tragfähigkeit sowie das häufigere Befahren der Ackerflächen bei konventioneller Bodenbearbeitung erhöhen die Gefahr von Schadverdichtungen und damit einer schlechten Ausnutzung des verfügbaren Wassers. In Abwesenheit von bearbeitungsbedingten Verdichtungen konnten Qin et al. (2004) bei Winterweizen jedoch nur geringfügige Unterschiede in der Wurzelmorphologie und -verteilung zwischen konventioneller Bearbeitung und Direktsaat finden.

Besonders für Direktsaaten ohne jegliche mechanische Lockerung sind Wurzeln durch ihren Einfluss auf das Bodenporensystem von besonderer Bedeutung als Mittel der biologischen Bodenbearbeitung ("biodrilling"; Bodner et al., 2014b). In diesem Kontext besteht noch besonderer Forschungsbedarf, um Wurzeln gezielt für die Verbesserung der Wachstumsbedingungen der Nachfrucht nutzen zu können (Gregory et al. 2013).

Potenziale konservierender Bodenbearbeitung an Trockenstandorten

Es gibt eine Vielzahl an Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt (Übersichten z. B. von Anderson 2011). Sie zeigen im Wesentlichen übereinstimmend, dass langfristig bei konservierender Bodenbearbeitung das Gesamtporenvolumen zwar geringer ist als bei konventioneller Bodenbearbeitung, jedoch Feinporen mit pflanzenverfügbarem Wasser zunehmen. Der Einfluss der Bodenart auf diesen generellen Trend ist relativ gering. Zudem verbessert sich häufig bei Pflugverzicht die Wasserleitfähigkeit des Bodens durch eine Zunahme kontinuierlicher Bioporen in Form von leeren Regenwurmgingen und Wurzelröhren. Auch sind die jahreszeitlichen Schwankungen von Parametern der Porosität und Wasserleitfähigkeit geringer als bei konventioneller Bodenbearbeitung (Schwen et al. 2011b, Bodner 2014a).

Unabhängig von der Grundbodenbearbeitung und ihrer langfristigen Wirkung auf das Bodenporensystem, kann der möglichst permanente Erhalt einer Mulchdecke als Kern einer wassersparenden Bodennutzung gesehen werden. Die wesentlichen Herausforderungen liegen hierbei in der geeigneten Mulchsaatchechnik sowie in einem ausreichenden Mulch-Deckungsgrad. Letzteres erfordert angepasste Fruchtfolgen mit intensivem Zwischenfruchtbau, der auch im gemäßigten Trockengebiet ohne erhöhtes Risiko einer signifikanten Wasserkonkurrenz für die Nachfrucht machbar ist (Bodner et al., 2010).

Bodenbearbeitungsversuche in mehreren europäischen Ländern haben ergeben, dass die Erträge bei Direktsaat auf Standorten mit geringen Niederschlägen jenen der konventionellen Bearbeitung mit Pflug überlegen sein können (Soane et al., 2012). Mehrjährige Ertragsauswertungen von Rosner et al. (2014) im ostösterreichischen Trockengebiet zeigten nur bei Direktsaat signifikant geringere Erträge und Nettoerlöse. Andere konservierende Bearbeitungssysteme lagen in den Erträgen gleich mit einer Pflugbearbeitung und führten wegen ihrer Kostenvorteile sogar zu höheren Nettoerlösen.

Schlussfolgerungen

Konservierende Bodenbearbeitung ist auf Trockenstandorten im Hinblick auf die Wasserversorgung der Nutzpflanzenbestände grundsätzlich positiv zu bewerten. Entscheidend sind eine angepasste Saatchechnik und Fruchtfolge. Mögliche Nachteile hinsichtlich der Förderung von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern, durch den Verbleib von Ernterückständen und Unkrautsamen an der Bodenoberfläche, dürfen allerdings nicht vernachlässigt werden. Unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte wird die Zukunft konservierender Bearbeitungssysteme letztlich aus dem Zusammenspiel von Ertragsleistung und Einsparungspotential bestimmt werden.

Literatur

- Anderson, S.H. (2011) Cropping systems, effect on soil physical properties. In: Encyclopedia of Agrophysics. Springer, Dordrecht, 180-183.
- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Korschens, M., Schulz, E. (2006) Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part II: Bad Lauchstadt static and extreme FYM experiments. Soil Till. Res. 91, 39-47.
- Bodner, G. (2014a) The hydrology of yield – Approaches to better crop water use in the plant-soil-atmosphere continuum. Habil.schrift, Univ. für Bodenkultur Wien.
- Bodner, G., Leitner, D., Kaul, H.-P. (2014b) Coarse and fine rooted plant species have distinct effects on soil pore size distribution. Plant Soil 380, 133-151.
- Bodner, G., Scholl, P., Loiskandl, W., Kaul, H.-P. (2013) Environmental and management influences on temporal variability of near saturated soil hydraulic properties. Geoderma 204, 120-129.

- Bodner, G., Meier, K., Wohlmuth, M.-L., Kaul, H.-P. (2010) Analyse der Einflussfaktoren einer Zwischenfruchtbegrünung auf den Bodenwasserhaushalt mit dem Simulationsmodell DAISY. In: ALVA (Hrsg.), Tagungsbericht 2010, 32-34.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L. (2010) Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3, 1-25.
- Gregory, P.J., Bengough, A.G., George, T.S., Hallett, P.D. (2013) Rhizosphere engineering by plants: Quantifying soil-root interactions. In: Timlin, D., Ahuja, L.R. (Eds.) *Enhancing understanding and quantification of soil-root growth interactions. Advances in Agricultural Systems Modeling 4*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA, 1-30.
- Kalmár, T., Bottlik, L., Kisić, I., Gyuricza, C., Birkás, M. (2013) Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. *Plant Soil Environ.* 59, 404-409.
- Pekrun, C., Pflaum, S., Henne, U. (2011) Was ist über die Wirkung der Stoppelbearbeitung bekannt – wo fehlt es an Daten? *Landtechnik* 66, 108-112.
- Qin, R., Stamp, P., Richner, W. (2004) Impact of tillage on root systems of winter wheat. *Agron. J.* 96, 1523-1530.
- Rodriguez-Iturbe, I., Porporato, A., Laio, F., Ridolfi, L. (2001) Plants in water-controlled ecosystems: Active role in hydrologic processes and response to water stress: I. Scope and general outline. *Adv. Water Resour.* 24, 695-705.
- Rosner, J., Deix, W., Klik, A. (2014) Moderne Bodenbearbeitungsverfahren – Erosionsschutz und Pflanzenschutz. In: ALVA (Hrsg.) *Tagungsband 2014*, 63-65.
- Safriel, U. et al. (2005) Dryland systems. In: Hassan, R.M., Scholes, R., Ash, N. (Eds.) *Millennium Ecosystem Assessment: ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the condition and trends working group*. Island Press, Washington, D.C., 623-662.
- Schwen, A., Bodner, G., Loiskandl, W. (2011a) Time-variable soil hydraulic properties in near-surface soil water simulations for different tillage methods. *Agricultural Water Management* 99, 42-50.
- Schwen, A., Bodner, G., Scholl, P., Buchan, G.D., Loiskandl, W. (2011b) Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. *Soil Till. Res.* 113, 89-98.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. (2012) No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Till. Res.* 118, 66-87.
- UNEP (1992) *World atlas of desertification*. Nairobi.
- UNESCO (2012) *Managing water under uncertainty and risk*. UN World Water Development Report 4, Paris.

Konservierende Bodenbearbeitung – technische Lösungen

Markus Demmel¹, Hans Kirchmeier¹ und Robert Brandhuber²

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, ¹ Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising;

² Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Freising.

E-Mail: *Markus.Demmel@LfL.Bayern.de*

Einleitung

In der Pflanzenproduktion bilden die Bodenbearbeitung und Bestellung die Grundlage und den Ausgangspunkt für eine sichere Keimung, eine schnelle Jungendentwicklung, das Ausschöpfen des Ertragspotentials von Standort, Sorte und produktionstechnischer Maßnahmen und eine gleichmäßige Abreife. Die Auswahl des geeigneten Bestellverfahrens und der dazugehörigen Technik für die Bodenbearbeitung und Aussaat sind von entscheidender Bedeutung.

Die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug und die Einsaat in den „reinen“ Tisch ist in weiten Teilen der Welt noch immer das vorherrschende Bestellverfahren. In der heutigen Pflugtechnik steckt die Entwicklung von mehreren Jahrhunderten und der „reine Tisch“ ermöglicht eine einfache und sichere Saatgutablage.

Spätestens seit der 1935-1938 aufgetretenen, großflächigen und katastrophalen Winderosionsereignisse, die als „Dust Bowl“ in die Geschichte eingingen (Steinbeck, 1939) und maßgeblich durch das Pflügen des Präriebodens zum Weizenanbau in den Great Plains der USA und Canadas verursacht wurde, ist klar, dass die wendende Bodenbearbeitung nicht für alle Situationen geeignet ist und oftmals entscheidende Anforderungen nicht erfüllen kann (Montgomery, 2010).

Als Reaktion auf diese Ereignisse wurde von der US-Regierung der Soil Conservation Service (heute: Natural Resources Conservation Service NRCS) gegründet, der die Entwicklung und Untersuchung alternativer Bestellverfahren initiierte und vorantrieb. Pfluglose Bestellverfahren mit Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität bis hin zur Direktsaat hielten in Nordamerika Einzug und drängten dort den Pflugeinsatz bis auf einen marginalen Anteil zurück. Der Begriff „Conservation Tillage“ – Konservierende Bodenbearbeitung – wurde für Bestellsysteme eingeführt, die nach der Aussaat noch mindestens 30 % Bodenbedeckung mit organischer Substanz aufweisen.

Im deutschsprachigen Raum wurde erstmalig 1986 von Sommer et al. der Begriff „konservierende Bodenbearbeitung“ für ein „Konzept für strukturelabile, erosionsgefährdete Böden“ in die wissenschaftliche Diskussion eingeführt. Dabei wurde jedoch darauf verzichtet, ihn an einen quantitativ bestimmbar Parameter (wie z.B. den Bodenbedeckungsgrad) festzumachen.

Im Jahr 1993 erfolgte eine erste umfangreiche Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung durch das KTBL, die 2014 umfassend überarbeitet und mit neuen Systemen wie z.B. der partiellen Bodenbearbeitung (Streifenbodenbearbeitung) ergänzt wurde (KTBL 2014).

Systematik und Definitionen

Grundsätzlich lassen sich die unterschiedlichen Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung folgendermaßen einteilen (Abb. 1).


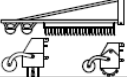





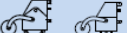


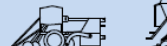






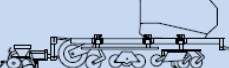
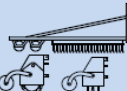


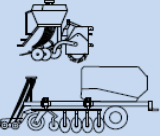



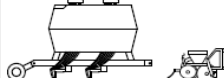
| Verfahren | Grundbodenbearbeitung (intensive Lockerung) | Saatbettbereitung | Saat | Ablauf der Arbeitsgänge |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| Wendende Bodenbearbeitung |  |  |  | Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt |
| |  |  | | Saatbettbereitung und Saat kombiniert |
| |  | | | Alle Arbeitsgänge kombiniert |
| Nichtwendende Bodenbearbeitung |  |  |  | Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt |
| |  |  | | Saatbettbereitung und Saat kombiniert |
| |  | | | Alle Arbeitsgänge kombiniert |
| |  |  |  | partielle Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt |
| |  |  | | partielle Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung kombiniert, Saat getrennt |
| |  | | | Alle partiellen Arbeitsgänge kombiniert |
| ohne Lockerung | |  |  | Ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt |
| | |  |  | Ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat kombiniert |
| | |  |  | Ohne Grundbodenbearbeitung, partielle Saatbettbereitung und Saat getrennt |
| | |  | | Ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat kombiniert |
| Direktsaat | | |  | Ohne Bodenbearbeitung Bei der Saat werden weniger als 1/3 der Reihenweite bearbeitet. Die Bearbeitungstiefe ist die Saatgutablagertiefe. |

Abbildung 1: Arbeitsgänge und Verfahrenstechnik von Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (KTBL 2014)

Das wesentliche Kennzeichen der wendenden (konventionellen) Bodenbearbeitung ist die alljährige Lockerung auf Krumentiefe mit dem Pflug (Grundbodenbearbeitung, Primärbearbeitung), wobei gleichzeitig Pflanzenreststoffe der Vor- oder Zwischenfrucht und Unkraut eingearbeitet werden. Die Pflugarbeit hinterlässt eine

von Reststoffen freie Ackeroberfläche als Voraussetzung für die störungsfreie Funktion herkömmlicher Sätechnik zur Drill- oder Breitsaat.

Die nicht wendende Bodenbearbeitung wird durch zwei Grundgedanken gekennzeichnet:

1. Die Reduzierung der üblichen Intensität der Bodenbearbeitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit des mechanischen Eingriffs; Ziel ist ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge durch längere Bodenruhe als vorbeugender Schutz gegen Verdichtung durch nachfolgendes Befahren.
2. Das Belassen von Pflanzenreststoffen der Vor- und/oder Zwischenfrucht nahe oder auf der Bodenfläche; Ziel ist eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge als vorbeugender Schutz gegen Erosion und Verschlammung.

Konservierende Bodenbearbeitung ist ein aus dem Amerikanischen übersetzter Begriff (conservation tillage) und bezeichnet dort jedes Bodenbearbeitungsverfahren, das – relativ zur konventionellen Bodenbearbeitung – Boden- und Wasserverluste vermindert. Als Voraussetzung hierfür wird in den USA angesehen, dass nach der Bestellung mindestens 30 % der Bodenoberfläche mit Pflanzenresten bedeckt sind.

Die Direktsaat, definiert als eine Bestellung ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte, wird weltweit auf unterschiedlichen Standorten mit Erfolg durchgeführt. Voraussetzung sind Zinkensäschere oder Scheibenmaschinen, die Säschlitze öffnen, in die das Saatgut abgelegt wird.

In der Literatur beschriebene typische Eigenschaften sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Typische Eigenschaften von Bodenbearbeitungssystemen

| | Wendende Bodenbearbeitung | Nicht wendende Bodenbearbeitung | Direktsaat |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Tiefe des Eingriffes | 15-35 cm | 5-25 cm | 2-5 cm (Saattiefe) |
| Häufigkeit des Eingriffes | hoch | gering-hoch | gering |
| org. Masse an der Oberfläche | keine | gering-hoch | hoch |
| Technische Lockerung | hoch | gering-hoch | keine |
| Biologische Aktivität | gering | mittel-hoch | hoch |
| Mischungsintensität | gering-mittel | gering-hoch | keine |

Die oben aufgeführten Eigenschaften sind ausschlaggebend für die Wirkungen der unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme, die in zahlreichen Untersuchungen national und international beschrieben wurden (z.B. Tebrügge und Dreier, 1994).

Technik für die nichtwendende (konservierende) Bodenbearbeitung

In den zurückliegenden 5-10 Jahren hat sich die Auswahl und Verfügbarkeit von unterschiedlichen Geräten und Maschinen für nichtwendende Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren sehr stark vergrößert. Dies betrifft nicht nur die Technik für die Bodenbearbeitung selbst sondern auch die Drill- und Einzelkornsätechnik, die bei hohen Anteilen organischer Substanz auf und im Boden in der Lage sein muss, das

Saatgut sicher abzulegen und einzubetten. Die Piktogramme in Abbildung 1 zeigen exemplarisch Vertreter der unterschiedlichen Gerätekategorien.

Kurzscheibeneggen wurden ursprünglich zur flachen Stoppelbearbeitung entwickelt, werden heute jedoch mit unterschiedlichen Scheibendurchmessern angeboten um einen universell Einsatz auch zur Saatvorbereitung zu ermöglichen.

Grubber werden in vielfältigen Ausführungen angeboten. Je nach Aufbau und Werkzeugausstattung (Zinkenanzahl, Zinkenform, Scharform, ...) können sie zur tiefen Lockerung oder auch zum flachen Mischen eingesetzt werden. Sie werden mit unterschiedlichen Walzen zur Rückverfestigung ausgerüstet und teilweise auch mit Kurzscheibeneggen kombiniert.

Aktive Bodenbearbeitungsgeräte wie **Kreiselgrubber oder Zinkenrotor** haben an Bedeutung verloren, obwohl sie die Antriebsleistung effizienter umsetzen als gezogene Geräte.

Neue Verfahren und Technik für die **Streifenbodenbearbeitung (Strip-Tillage)** für Reihenkulturen befinden sich derzeit in der Erprobung. Sie sollen die positiven Eigenschaften einer intensiven Bearbeitung in der Pflanzenreihe mit denen des unbearbeiteten Bodens dazwischen vereinigen können.

Drillmaschinen für nicht wendende (mulchende) Bestellsysteme nutzen entweder Zinkenschare oder unterschiedliche Scheibenschartechnik (Ein-, Zwei- oder auch Dreischiebenschare). Andruckrollen sichern den Bodenkontakt des Saatgutes. Sie werden oftmals mit Kurzscheibeneggen zur Saatbettvorbereitung kombiniert.

Einzelkornsämaschinen für die Mulch- oder Direktsaat sind ebenfalls mit Doppelschiebenscharen ausgerüstet, stabiler aufgebaut und ermöglichen höhere Schar drücke als „Standardgeräte“. Zur Optimierung der Saatgutablage können sie mit vorlaufenden Schneidscheiben, mit Räumsternen und auch mit strukturierten Andruckrollen (an Stelle der Vollgummirollen) versehen werden.

Literatur

KTBL Arbeitsblatt 236, 1993: Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL Darmstadt, 4 S.

KTBL 2014: Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL Darmstadt. <https://www.ktbl.de/inhalte/themen/pflanzenbau/themen/bodenbearbeitung/>

Montgomery, D., 2008: Dirt: The Erosion of Civilizations. University of California Press. (Deutsch: Dreck: Warum unsere Zivilisation den Boden unter den Füßen verliert, oekom, München, 2010).

Sommer, C., Zach, M. und Dambroth, M., 1986. Konservierende Bodenbearbeitung – ein Konzept für strukturelabile, erosionsgefährdete Böden. In: Bodenbearbeitungs-systeme in der Diskussion. Manuskript, DLG, Frankfurt.

Steinbeck, J., 1939: The Grapes of Wrath. Viking Press, (Deutsch: 1985: Früchte des Zorns, Deutscher Taschenbuch Verlag)

Tebrügge, F. und M. Dreier, Hrsg., 1994: Beurteilung von Bodenbearbeitungs-systemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden. Hrsg.: Tebrügge, F. und M. Dreier. Wissenschaftl. Fachverlag Dr. Fleck, Langgöns

Mulch- und Direktsaat als Erosionsschutz – Versuche aus Niederösterreich

Rosner, J.¹, W. Deix¹, A. Klik²

¹Land Niederösterreich, Abt. Landwirtschaftliche Bildung, A-3430 Tulln;

²Universität für Bodenkultur, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Landwirtschaft, A-1190 Wien

Einleitung

Viele Bodenbearbeitungsgeräte und Sämaschinen sind mittlerweile veraltet und stark gebraucht, sodass eine Neuanschaffung notwendig geworden ist. Die Nachfrage am Markt zeigt auch, dass Körnermais immer mehr gefragt ist und somit der Anbau forciert wird. Das hat aber immer mehr Erosionsprobleme zur Folge, wird Mais konventionell nach einem Pflugeinsatz angebaut. Deshalb erscheint es dringend erforderlich, neue bodenschonende Sämethoden einzuführen, um Bodenabtrag, Oberflächenabfluss und Pestizideinträge in Oberflächenwässer zu minimieren. Die Mulch- und Direktsaat sind Methoden, die Bodenerosion minimieren können, aber auch andere positive Wirkungen auf den Boden und die Umwelt bewirken.

Material und Methoden

An 2 Standorten in Niederösterreich werden seit 20 Jahren in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur – Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft, Erosionsmessstellen betrieben und die ackerbaulichen Parameter bestimmt. Zudem werden seit 8 Jahren, teilweise auch seit knapp 20 Jahren auf den Lehr- und Versuchsbetrieben der Landwirtschaftlichen Fachschulen in NÖ Bodenbearbeitungsversuche angelegt. Neben den Erträgen werden auch bei Getreide- Maisfruchtfolgen die Mykotoxinwerte analysiert. Die Versuche werden als Blockanlage mit 3 bzw. 4 Wiederholungen angelegt und Nettoparzellen beerntet.

Die Erosionsversuche werden auf Langparzellen mit 4 Wiederholungen angelegt. Von 60 m² werden die Erosionsmessungen durchgeführt. Das erodierte Material wird in einem Probenteiler geteilt und 3 % in einem Sedimentkollektor gesammelt.

Die Bodenbearbeitungsversuche werden ebenfalls als Langparzellenversuche mit 3 bzw. 4 Wiederholungen geführt, weil nur so ein aussagekräftiger Einsatz der Praxismaschinen gewährleistet werden kann; eine Nettoparzellenernte erfolgt ebenso wie bei den Erosionsversuchen.

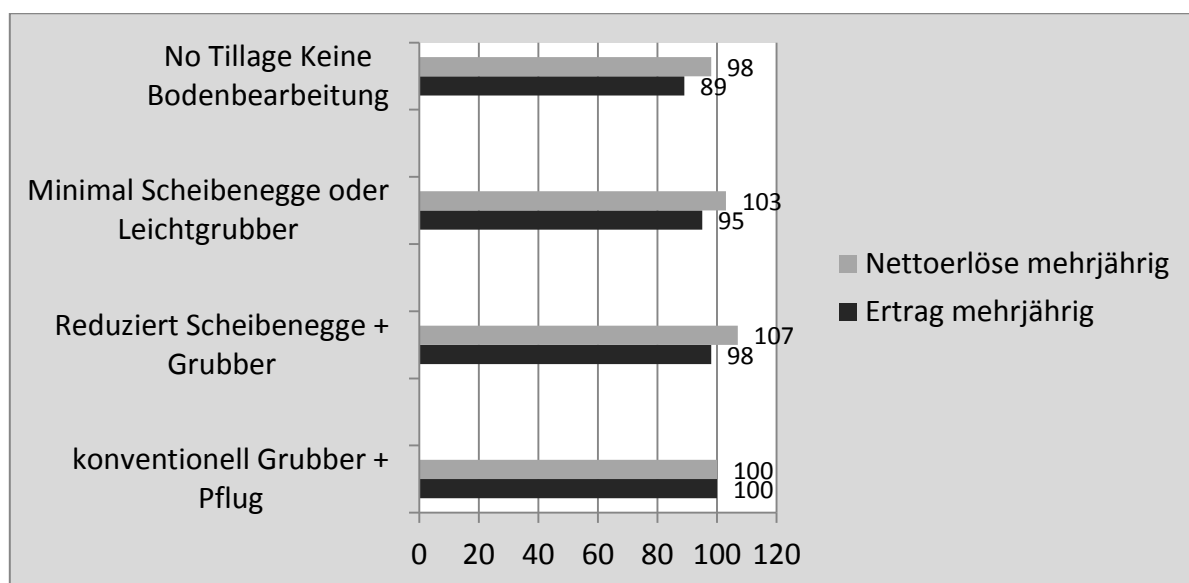
Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Messergebnisse Erosionsmessstellen Tulln und Mistelbach

| | Konventionell | Mulchsaat | Direktsaat |
|--|---------------|-----------|------------|
| Bodenabtrag t/ha | 9.9 | 2.2 | 1,1 |
| Reduktion | | 78 % | 89 % |
| C _{org} - Verlust kg/ha Organischer Kohlenstoff | 105 | 33 | 17 |
| Reduktion | | 67 % | 82 % |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| N-Verlust kg/ha | 14 | 6.9 | 3.8 |
| Reduktion | | 51 % | 73 % |
| P-Verlust kg/ha | 7 | 1,9 | 0,9 |
| Reduktion | | 73 % | 87 % |
| Abfluss in mm | 25.6 | 22.2 | 18.7 |
| Herbizidverlust % ausgebracht Menge | 2,2 % | 1,01 % | 0,57 % |
| Reduktion | | 55 % | 74 % |
| Herbizidverlust im Abfluss | 1,73% | 0,87% | 0,17% |
| Reduktion | | 50 % | 90 % |
| Herbizidverlust im Abtrag | 3.09 % | 1,16 % | 1,99 % |
| Reduktion | | 62% | 36% |

Grafik 1: Ertragsdaten und Nettoerlöse (Rohertrag minus Maschinenkosten)



Die Ergebnisse zeigen, dass signifikante Reduktionen durch Mulch- und Direktsaat bei Erosionsereignissen möglich sind (Tab. 1). Dass die Erträge bei Mulch- und Direktsaat leicht sinken zeigt die Grafik 1, dieser ist aber auch zu entnehmen, dass die Nettoerlöse sich kaum und nicht signifikant ändern.

Literatur

Klik A.: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Kohlenstoffdynamik, CO₂ – Emissionen und das Verhalten von Glyphosphat and AMPA im Boden, „EDISSOC“ Projekt, Abschlussbericht 08/2010

Konservierender Ackerbau – ein Anbausystem für Mitteleuropa?

Carola Pekrun¹, Thomas Würfel², Karlheinz Köller³, Hans-Peter Piepho⁴,
Katharina Weiß⁵, Alfons Bunk⁶

¹Institut für Angewandte Agrarforschung/Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 72622 Nürtingen; ²Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe; ³Institut für Agrartechnik/Universität Hohenheim, Stuttgart; ⁴Institut für Kulturpflanzenwissenschaften/Universität Hohenheim, Stuttgart; ⁵Landwirtschaftsamt Tübingen, ⁶Landwirtschaftlicher Betrieb Bunk, Rottenburg, E-Mail: *carola.pekrun@hfwu.de*

Einleitung

Der Konservierende Ackerbau stellt ein Anbausystem dar, welches als zentralen Baustein die konservierende Bodenbearbeitung, im Idealfall Direktsaat, enthält, kombiniert mit einer weiten Fruchtfolge und intensivem Zwischenfruchtanbau (HOBBS et al., 2012). Das Anbausystem imitiert gleichsam natürliche Ökosysteme, die durch Bodenruhe und Artenvielfalt gekennzeichnet sind.

Der Konservierende Ackerbau wurde in Regionen entwickelt, in denen sich Starkregenereignisse und lange Trockenperioden abwechseln, somit unter Anbaubedingungen, wo Bodenruhe und ganzjährige Bodenbedeckung elementar sind, um Erosion einzudämmen und die Wassernutzungseffizienz zu erhöhen. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass das System vor allen Dingen in Nord- und Südamerika, aber auch in Australien und Neuseeland verbreitet ist (KASSAM et al., 2009).

Interesse in Europa

In Mitteleuropa herrscht in den meisten Regionen ein milderes Klima. Erhöhung der Wassernutzungseffizienz und Erosionsminderung spielen bisher keine große Rolle. Pfluglose Verfahren der Bodenbearbeitung sind in der Praxis zwar etabliert. Direktsaat wird jedoch nur von einer sehr kleinen Schar von Anhängern durchgeführt. In Bodenbearbeitungsversuchen zeigen sie in der Regel Ertragseinbußen im Vergleich zu konventionellen Verfahren der Bodenbearbeitung.

Phasen längerer Trockenheit und Phasen mit extrem starken Niederschlägen sind allerdings auch in Europa vermehrt feststellbar. Erosion und Oberflächenabfluss von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen in Oberflächengewässer spielen eine zunehmende Rolle (siehe Wasserrahmenrichtlinie). Deshalb besteht auch in Mitteleuropa ein verstärktes Interesse an Anbauverfahren mit verminderter Bodenbearbeitungsintensität.

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Seit 1999 besteht die European Conservation Agriculture Federation (ECAF) (<http://www.ecaf.org/>). Dieser Zusammenschluss aus Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern beschäftigt sich mit der Frage, welche pflanzenbaulichen Maßnahmen zum Gelingen von bodenschonenden Anbauverfahren beitragen. Gebündelt über die Aktivität von Vereinen, in Deutschland über die Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung (GKB), erfolgen Entwicklung und Erfahrungsaustausch im Rahmen von Vorträgen und Feldtagen.

Auf akademischer Ebene fehlen eingehende Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge unter Einbeziehung der Direktsaat weitestgehend. Nur vereinzelt wurde in jüngerer Zeit zu dieser Frage Forschung betrieben.

Am Inforama Rütli, Zollikofen im Kanton Bern in der Schweiz existiert seit 1994 ein Systemvergleich, in dem Pflugwirtschaft mit Direktsaat verglichen wird. In diesem Versuch wird die Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge zwar nicht direkt untersucht. Es wird jedoch in beiden Systemen eine sechsfeldrige Fruchtfolge mit 50 % Sommerungen gefahren. In beiden Systemen werden Zwischenfrüchte stets vor den Sommerungen gesät.

Anders als in anderen Bodenbearbeitungsversuchen im gemäßigten Klima schneidet in Zollikofen die Direktsaat sehr gut ab. Sie erreicht gleich hohe, tendenziell höhere Erträge als die Pflugwirtschaft (STURNY et al., 2007). Möglicherweise sind die weite Fruchtfolge und der häufige Zwischenfruchtbau die Ursache hierfür.

Forschungsprojekt „Konservierender Ackerbau“ in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg wurde 2013 ein Konsortium aus Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern gegründet, welches einen Teilaspekt des Konservierenden Ackerbaus unter die Lupe nimmt. Es wird der Einfluss von mehrartigen Zwischenfruchtgemengen auf die Ertragsbildung bei Mulch- und Direktsaat untersucht. Die Grundidee besteht darin, zu prüfen, ob 1.) technische Lockerung durch biologische Lockerung ersetzt werden kann und 2.) ob gut deckende Zwischenfruchtmischungen dazu dienen können, die negativen Effekte verminderter Bodenbearbeitungsintensität (Fruchtfolgekrankheiten und –schädlinge, erhöhte Verunkrautung, insbesondere Verungrasung) auszugleichen.

Hierzu wurden zweifaktorielle Feldversuche mit dem Ziel einer mindestens 10-jährigen Fortführung angelegt (Faktor Bodenbearbeitung: Mulchsaat und Direktsaat. Faktor Zwischenfrucht: mit und ohne Zwischenfruchtmischungen). Die pflanzenbaulichen Maßnahmen richten sich jeweils nach den Notwendigkeiten am Standort und der jeweiligen Variante.

Das Versuchsprogramm besteht aus zwei Exaktversuchen mit je drei Feldwiederholungen sowie aus 18 On Farm-Versuchen, welche auf Praxisflächen jeweils ohne Feldwiederholungen angelegt wurden. Auf den Praxisflächen wird die Fruchtfolge des jeweiligen Betriebs gefahren. Diese muss mindestens einmal in drei Jahren eine Sommerung enthalten, um den Faktor Zwischenfrucht prüfen zu können. An das Versuchsprogramm sind zwei Dauerversuche angegliedert, in denen die Wirkung von drei Bodenbearbeitungsverfahren (darunter Strip-Tillage) auf die Ertragsbildung von vier Kulturen geprüft wird. Alle genannten Versuche werden mit einem speziell für On Farm-Versuche entwickelten statistischen Ansatz gemeinsam verrechnet. 2014 wird die erste Ernte eingefahren.

Literatur

- HOBBS, P.R., SAYRE, K., GUPTA, R., 2012: The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **363**, 543-555.
- KASSAM, A., FRIEDRICH, F., SHAXSON, F., PRETTY, J., 2009: The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability* **7**, 292-320.
- STURNY, W.G., CHERVET, A., MAURER-TROXLER, C., RAMSEIER, L., MÜLLER, M., SCHAFFLÜTZEL, R., RICHTNER, W., STREIT, B., WEISSKOPF, P., ZIHLMANN, U., 2007: Direktsaat und Pflug im Systemvergleich – eine Synthese. *AGRARForschung* **14**, 350-357.

Bio-Strip-Till: Streifenbearbeitung kombiniert mit Zwischenfruchtanbau und platzierter Gülle-Depot-Düngung zur Verbesserung von Nährstoffeffizienz und Bodenstruktur

Joachim Bischoff, Nadine Tauchnitz und Matthias Schrödter

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg
joachim.bischoff@lflg.mlu.sachsen-anhalt.de

Einleitung

Der Begriff „Bio-Strip-Till“ wurde in den USA geprägt und findet dort immer mehr Befürworter (<http://www.striptillfarmer.com>). Hierunter versteht man die Kombination der Streifenbearbeitung (Strip-Tillage) mit dem Anbau von Zwischenfrüchten. Beim Strip-Tillage wird der Boden lediglich in der zukünftigen Saatreihe partiell gelockert, während der Reihenzwischenraum unbearbeitet und mit abgestorbenem Pflanzenmaterial bedeckt bleibt. Mit Hilfe der Durchwurzelung der Zwischenfrüchte wird eine Verbesserung der Bodenstruktur im Reihenzwischenraum angestrebt und hierdurch der unerwünschte „Blumentopfeffekt“, das heißt die Beschränkung des Wurzelwachstums auf den bearbeiteten und gelockerten Bereich, vermieden. In einem Mehrländerprojekt wird das Bio-Strip-Till-Verfahren an Standorten Sachsen-Anhalts, Sachsens und Thüringens mit der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger als Wurzeldepots zur Erhöhung der Nährstoffeffizienz miteinander kombiniert.

Material und Methoden

In Praxisversuchen wurden Gülle/ Gärsubstrate sowohl im Herbst in einen stehenden Zwischenfruchtbestand als auch im Frühjahr in abgefrorene Zwischenfrüchte mit Strip Till ausgebracht. Die Unterflurdüngung erfolgte in einer Tiefe von 20-25 cm mit 20 m³ Gülle/ Gärsubstrat. Bei den Varianten mit Nitrifikationshemmer wurde pro Kubikmeter Gülle/ Gärsubstrat 0,4 Liter Piadin zugesetzt. Mit der Ausbringung stabilisierter Wirtschaftsdünger durch die Unterflurdüngung zur Zwischenfrucht soll geprüft werden, ob ein Nährstoffdepot schon im Herbst angelegt werden und der applizierte Stickstoff an der Stelle der Platzierung gehalten werden kann.

Ergebnisse und Diskussion

Unsere bisherigen Untersuchungen zeigten, dass die Stabilisierung des Gülle-/Gärsubstrat-Depots mit einem Nitrifikationshemmer die mikrobielle Umwandlung von Ammoniumstickstoff zu Nitrat-N verzögerte (Abb. 1/ 2). Der überwiegende Teil des Stickstoffs verblieb als Ammonium-N im Wurzelraum und sicherte, vergleichbar mit dem Cultan-Verfahren (Sommer, 2003, 2005), eine kontinuierliche Ernährung der Maispflanzen. Anhand bisheriger Untersuchungsergebnisse wird deutlich, dass bei der Streifenbearbeitung mit einer partiellen Lockerung nur in der Saatreihe, nicht nur der gelockerte Bodenbereich, sondern auch der Reihenzwischenraum durchwurzelt wurde. Die Varianten mit Nitrifikationshemmer zeigten zudem die Anlage eines gut entwickelten und intensiv durchwurzelt Nährstoffdepots mit einem hohen Anteil von Feinwurzeln. Das Gülle-/Gärsubstrat-Depot in 25 cm Tiefe wurde von den Maiswurzeln 35 Tage nach der Aussaat bei Frühjahrsausbringung erreicht. Bei Herbstaussaat dauerte es nach Aussaat 44 Tage, bis das Depot von den Wurzeln erreicht wurde. Im Unterschied zu einem wurzeltoxischen Cultan-Depot ist das auf dem Foto gut erkennbare Gülledepot vollständig und intensiv durchwurzelt.

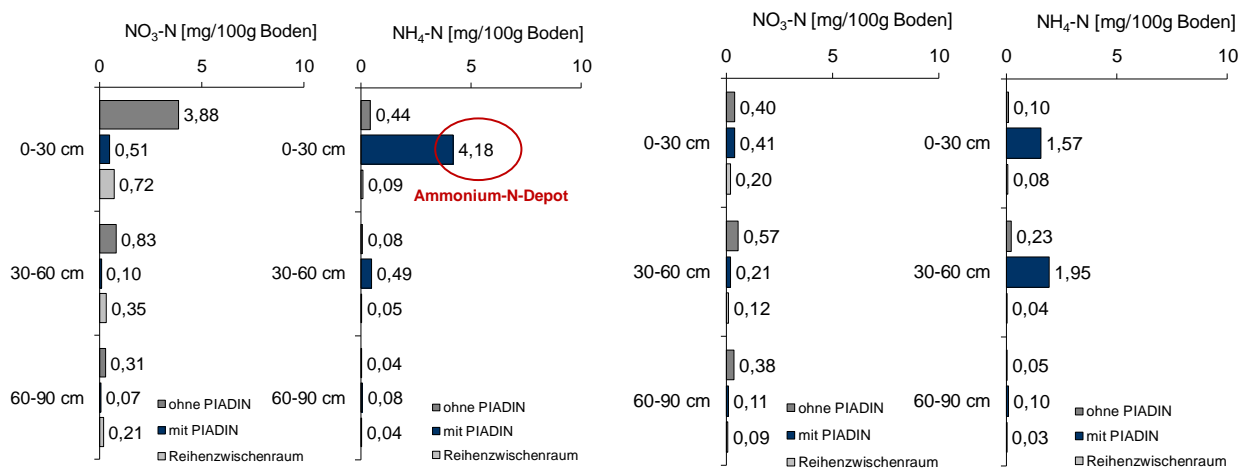


Abb. 1: Nmin-Bodenuntersuchung zur Maisaussaat (April 2012/ 13)

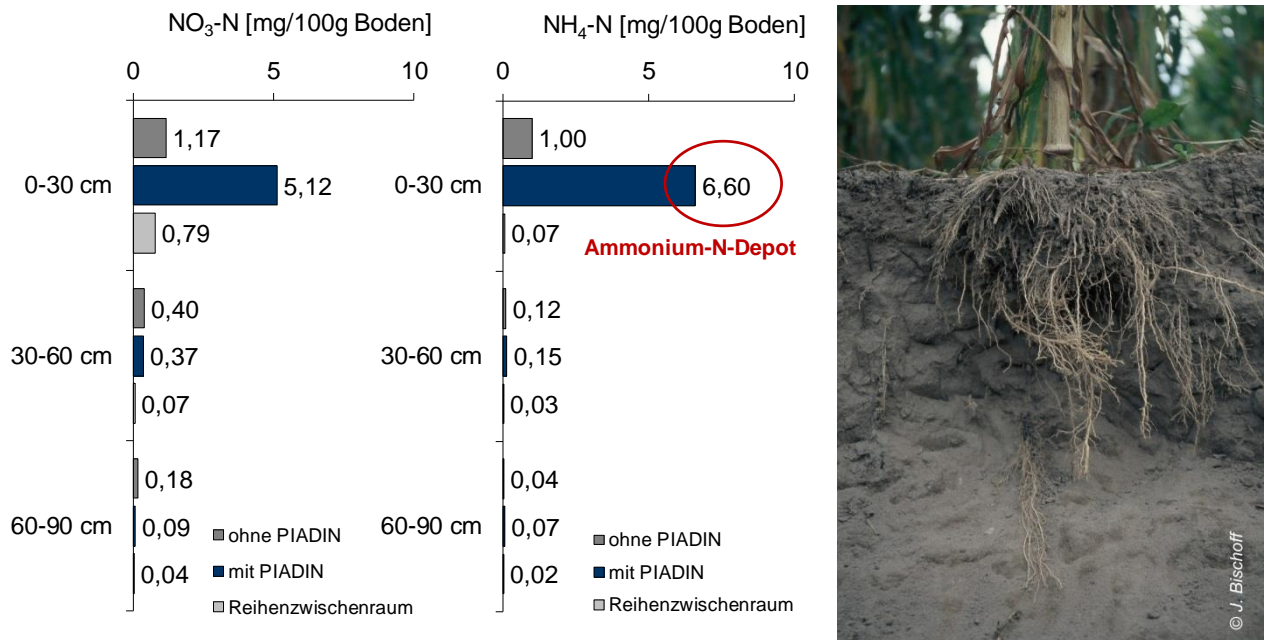


Abb. 2: Nmin-Bodenuntersuchung zur Maisaussaat (April 2014)

Literatur

- Sommer, K. (2003): Grundlagen des "CULTAN"-Verfahrens. In: M. Kücke (Hrsg.): Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Landbauforschung Völknerode, 1 – 22.
- Sommer, K. (2005): CULTAN-Düngung. Physiologisch, ökologisch, ökonomisch optimiertes Düngungsverfahren für Ackerkulturen, Grünland, Gemüse, Zierpflanzen und Obstgehölze. Verlag Thomas Mann, Gelsenkirchen.

Untersuchungen zum Durchdringungswiderstand auf sandigen Böden – Ergebnisse aus Forschung und Praxis

Maxie Grüter, Heiko Vogel und Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau
E-Mail: maxie.grueter@googlemail.com

Einleitung

Verschiedene Bodenbewirtschaftung wirkt sich u. a. auf die Bodenstruktur und damit auf die Durchwurzelbarkeit aus. Mit dem Durchdringungswiderstand können die Auswirkungen bis in tiefere Bodenschichten exakt quantifiziert werden. Daraus lassen sich Schlussfolgerungen für angepasste Bewirtschaftungsstrategien ableiten.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in Dauerfeldversuchen mit den Prüffaktoren Bodenbearbeitung, Kalkung und organische Düngung (Tab. 1) sowie in unterschiedlich wirtschaftenden Praxisbetrieben in Brandenburg durchgeführt. Somit konnten sowohl Effekte einzelner agrotechnischer Maßnahmen als auch komplexer Bodennutzungssysteme quantifiziert werden.

Tab.1: Bezeichnung, Standort, Versuchsdauer, Anzahl der Wiederholungen und Faktoren der Feldversuche

| Bezeichnung | Standort | Beginn | Faktoren |
|--|----------------------|--------|---|
| Statischer Feldversuch Bodennutzung (D3) | Berlin –Dahlem B* | 1923 | Bodenbearbeitung Kalkung Organische Düngung |
| Statischer Nährstoffmangelversuch (D4) | Thyrow TF* | 1937 | Kalkung Organische Düngung |
| Feldversuch Bodennutzungssysteme (BNS) | Thyrow TF* | 2006 | Bodenbearbeitung |

* B = Berlin, TF = Teltow-Fläming

Der Durchdringungswiderstand wurde mit einem fahrbaren Feldpenetrometer gemessen, welches mit elektrischem Vortrieb arbeitet. Damit werden genauere Messergebnisse generiert als mit vergleichbaren Handpenetrometern. Die Messungen wurden bei Feldkapazität bis in 80 cm Tiefe durchgeführt. Dazu ist ein Konus mit einer Fläche von 1 cm^2 genutzt worden, wobei die Vortriebsgeschwindigkeit 2 cm s^{-1} betrug. Die Ergebnisse stellen den Mittelwert aus 4 Wiederholungen mit jeweils 10 Messungen je Wiederholung dar.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bearbeitungstiefe spiegelt sich in der Tiefe des Anstiegs des Durchdringungswiderstandes wider. Reduzierte oder unterlassene Bodenbearbeitung führt zum Anstieg des Widerstandes in oberen Bodenschichten und zur Abnahme des maximalen Widerstandes (Abb. 1).

Bodenversauerung infolge langfristig unterlassener Kalkung führt unterhalb der Bearbeitungstiefe bis in tiefe Bodenschichten zur Zunahme des Durchdringungswiderstandes um bis zu 1 MPa (Abb. 2).

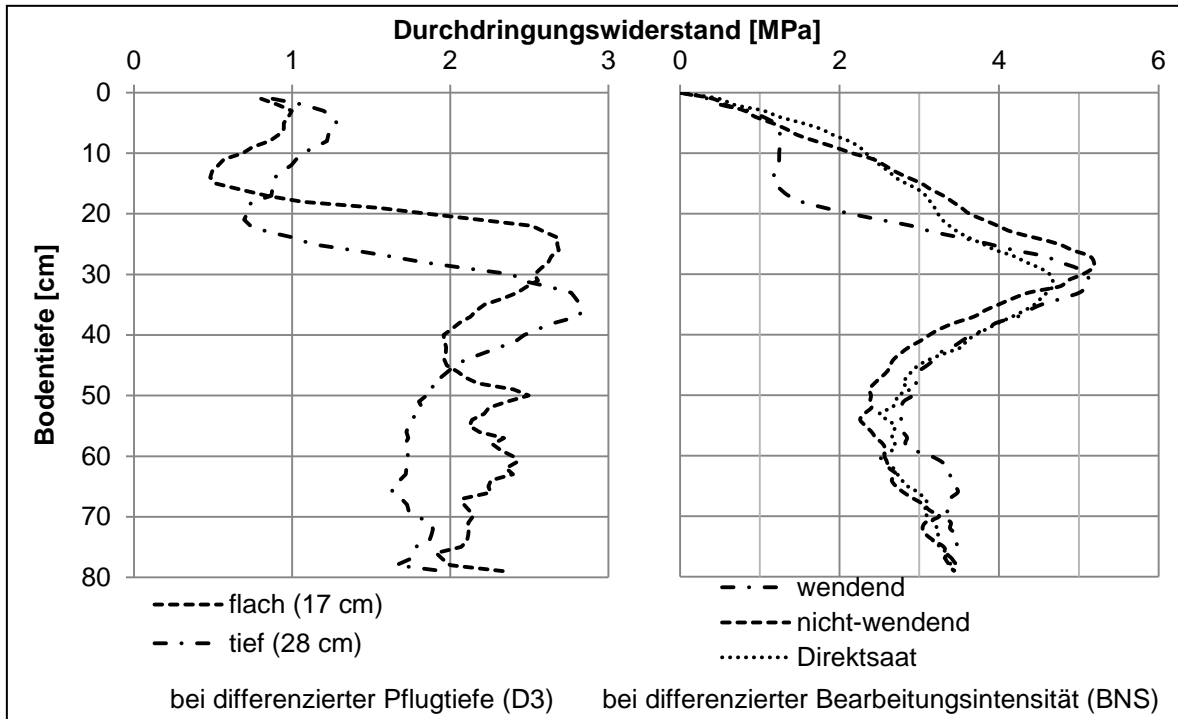


Abb. 1: Durchdringungswiderstand bei differenzierter Bearbeitungstiefe und -intensität

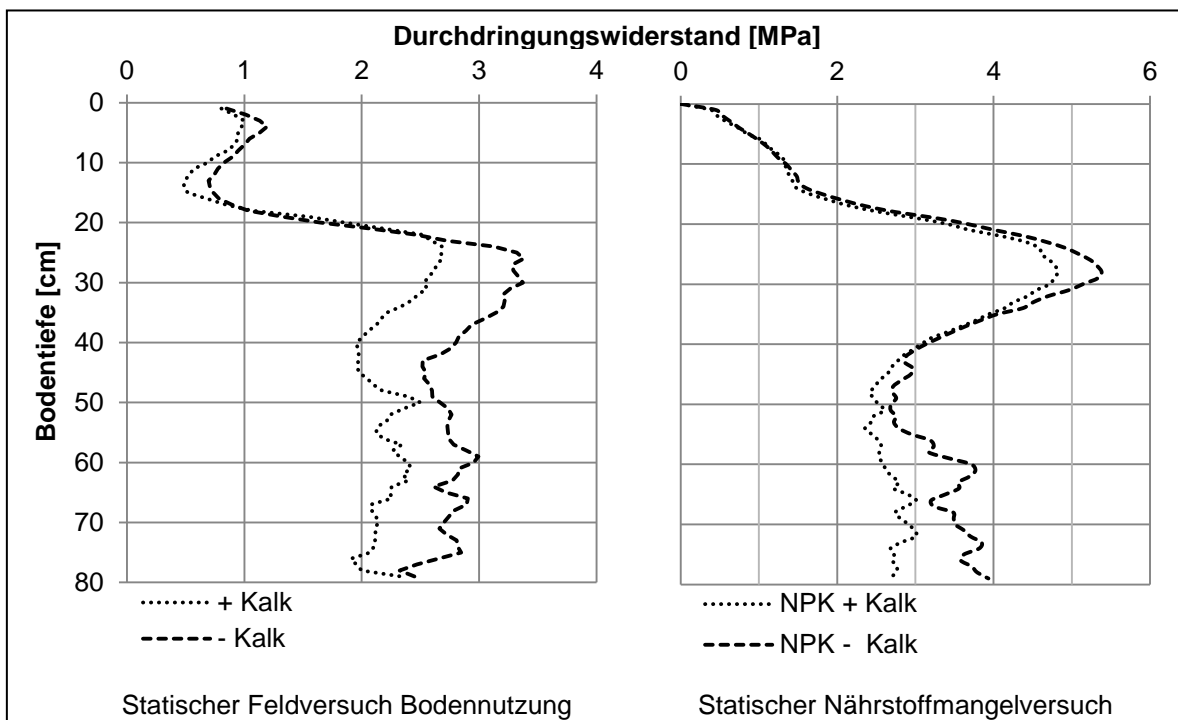


Abb. 2: Durchdringungswiderstand bei differenzierter Kalkung

Die Untersuchungen in den Praxisbetrieben bestätigen die Ergebnisse zu den Bodenbearbeitungsintensitäten in den Parzellenfeldversuchen.

Literatur

DIN 19662, August 2011. Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Bestimmung des Eindringwiderstandes mit dem Handpenetrometer, Beuth Verlag GmbH 2011

Interaktionen von Bodenbearbeitungsregime und Betriebsstrukturen mit Glyphosatanwendung im Ackerbau

Wiese, Armin und Steinmann, Horst-Henning

Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Georg-August-Universität Göttingen, 37077 Göttingen. E-Mail: hsteinm@gwdg.de

Einleitung

Glyphosat ist das weltweit meist verwendete Herbizid. Der Einsatzbereich ist hierzulande in der Regel außerhalb der Anbauzeiten der Kulturpflanzen, da es sich um ein nicht-selektives Herbizid handelt. Aufgrund der systemischen Wirkung wirkt Glyphosat gut gegen ausdauernde Unkräuter. Besondere Bedeutung hat der Einsatz im Zusammenhang mit reduzierter Bodenbearbeitung. Der Inlandsabsatz hat sich seit 2000 nahezu verdoppelt.

Nach einer im Frühjahr 2011 durchgeführten Umfrage zur Anwendung von Glyphosat im deutschen Ackerbau konnte das jährliche Anwendungsverhalten der Landwirte hochgerechnet werden (Steinmann et al. 2012). Nach dieser Studie werden pro Jahr ca. 4000 Tonnen Wirkstoff auf nahezu 40 % der Ackerfläche ausgebracht. Große Mengen von Glyphosat werden auf die Stoppeln appliziert. Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist die Vorsaats-Anwendung bei pfluglos bestellten Ackerkulturen. Es ist offensichtlich, dass bei weiterer Ausweitung der reduzierten Bodenbearbeitung auch der Glyphosateinsatz ansteigen wird. Das widerspricht den politischen und gesellschaftlichen Zielen im Pflanzenschutz. Wir haben es mit einem typischen Zielkonflikt zu tun.

Material und Methoden

Es wurde eine bundesweite Umfrage aus dem Jahr 2011 zur Anwendung von Glyphosat im deutschen Ackerbau herangezogen. Die Befragung umfasste 896 Landwirte via Papier- bzw. Onlinefragebogen. Für Erläuterungen siehe Steinmann et al. (2012). Auf Basis dieser Umfrage werden neuere Auswertungen vorgestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Glyphosat wird im Ackerbau in verschiedenen Anwendungsgebieten eingesetzt:

- Kontrolle ausdauernder Unkräuter
- Vorbereitung der Inkulturnahme von Stilllegungen
- Resistenzmanagement bei resistenzgefährdeten Unkrautpopulationen durch Wirkstoffwechsel
- Abtöten des Bewuchses bei Minimalbodenbearbeitung
- Stoppelbehandlung ohne Eingriff in den Boden
- Abreifebeschleunigung bzw. Abtöten von Zwiewuchs und Unkräutern, die die Ernte behindern
- Abreifebeschleunigung von stehenden Druschfrüchten (sogenannte (De-)Sikkation), auch als Druschoptimierung

Eine Auswertung der Anwendungsmuster und Statements der Landwirte zeigt, dass Glyphosat nicht nur ein Herbizid, sondern auch in bedeutendem Umfang ein Ackerbauinstrument ist. Letzteres ergibt sich aus der deutlichen Einsatzhäufigkeit in Einsatzbereichen, die üblicherweise dem Ackerbau zugeordnet werden. Glyphosat

ersetzt dabei Bodenbearbeitungsgänge, die üblicherweise mechanisch mit Pflug oder Grubber durchgeführt werden. Dabei ist die Zuordnung, ob eine Maßnahme dem Pflanzenschutz, dem Ackerbau oder dem Arbeitsmanagement zuzuordnen ist, nicht in jedem Fall eindeutig möglich. Tabelle 1 listet Anwendungsgebiete und Zweckbindungen auf.

Tab. 1: Zweck von Glyphosatanwendungen (+++ vorrangig; ++, + Nebeneffekte).

| Anwendungsgebiet | Zweck | | |
|----------------------------------|----------------|----------|--------------------|
| | Pflanzenschutz | Ackerbau | Arbeits erledigung |
| Kontrolle ausdauernder Unkräuter | +++ | ++ | + |
| Resistenzmanagement | +++ | | |
| Minimalbodenbearbeitung | ++ | +++ | ++ |
| Stoppelbehandlung | + | +++ | +++ |
| Abtöten von Zwiewuchs | | +++ | |
| Abreifebeschleunigung | | | +++ |

Nach europäischem Recht sollen Pflanzenschutzmittel zum Zweck der Gesunderhaltung von Kulturpflanzen und zur Schadensabwehr eingesetzt werden. Sikkationsanwendungen, die lediglich der Abreifebeschleunigung zur Druschoptimierung dienen, sind somit kritikwürdig. Der aktuell in Deutschland zulässige Anwendungsrahmen ist daher kürzlich reglementiert worden, so dass eine reine Ernteoptimierung derzeit nicht mehr erlaubt ist.

Nahezu 90 % der jährlich im Ackerbau ausgebrachten Glyphosatmenge wird für die Steuerung des Bodenbearbeitungsregimes eingesetzt. Hierunter fallen die Einsatzgebiete zur Mulchsaatvorbereitung und die Stoppelanwendungen. Während erstere für die Durchführung von Erosionsschutzverfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung von zentraler Bedeutung sind, haben letztere überwiegend die Aufgabe der Zeit- und Kostenersparnis beim Ersatz andernfalls anfallender Bodenbearbeitungsmaßnahmen.

Diese Anwendungen werden innerhalb der Betriebe mehr und mehr mit dem übrigen Herbizidsystem vernetzt gesehen. Viele Betriebe geben an, Glyphosat, das über einen von den übrigen Herbiziden abweichenden Wirkmechanismus verfügt, zum Unterbrechen der Resistenzselektion bei Unkräutern gegenüber anderen Wirkmechanismen zu nutzen. Hier wird ein Zusatznutzen der Vorsaatbehandlungen gesehen. Angesichts der Tatsache, dass die häufige Anwendung von Glyphosat ebenfalls zur Selektion resistenter Unkrautbiotypen führen kann, sollte jedoch zu einem sparsamen Umgang geraten werden.

Falls Glyphosat – aus welchem Grund auch immer – nicht mehr zur Verfügung stehen sollte, wird überwiegend mit einer Zunahme des Unkrautdrucks und der Notwendigkeit einer intensiveren Bodenbearbeitung sowie damit einhergehender Mehrarbeit gerechnet. Hinsichtlich der Fruchtfolge erwarten die Landwirte keine wesentlichen Anpassungsreaktionen. Die Auswertungen sollen dabei helfen, Best-Management-Praktiken zu identifizieren, die bodenschonende Bewirtschaftung und sparsamen Glyphosateinsatz verbinden.

Literatur

Steinmann, H.H. et al. (2012) Crop Protection, 42, 162-169.

Einfluss einer unterschiedlichen Saatbettbereitung bzw. einer Mulchsaat auf den Bodenbedeckungsgrad mit organischer Substanz

Peter Liebhard^{1*}, Johannes Kamptner¹ und Peter Strauss²

¹Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung für Pflanzenbau; ²Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, A-3250 Petzenkirchen. E-Mail: peter.liebhard@boku.ac.at

Einleitung

Die in der Praxis vorherrschende Bodenbearbeitung trägt wenig zur Erreichung wesentlicher Ziele im boden- und Grundwasserschutz bei. Zunehmend werden früher einsetzende und längere Trockenperioden in der Hauptvegetationszeit erwartet und daher ist es erforderlich, die Bodenbearbeitungsintensität im Frühjahr zu vermindern. Zusätzlich wird bei feuchten Bedingungen die Befahrbarkeit verbessert, die Regenverdaulichkeit erhöht und die Wassererosion reduziert. Auch die Winderosion kann bei Mulchauflage wesentlich vermindert werden. In nachfolgenden Trockenperioden trägt der höhere Bodenwasservorrat wesentlich zur Ertragssicherung bei. Mehrjährig und vielortig wurde der Einfluss unterschiedlicher Fruchtarten als Zweitfrucht zur Begrünung sowie unterschiedlicher Saatbettbereitung bzw. Mulchsaat auf den Mulch-Bodenbedeckungsgrad im Folgejahr untersucht.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 und 2013 wurden an der BAW Petzenkirchen in einer Evaluierungsstudie (STRAUSS 2013) Felderhebungen auf 146 Schlägen mit abfrostenden Zwischenfrüchten, auf denen die ÖPUL Maßnahme „Mulch- und Direktsaat“ beantragt war, vor und nach der Saat (bzw. der Saatbettbereitung) der Frühjahrsfrucht der Bodenbedeckungsgrad mit organischem Material) nach BAUER und STRAUSS (2013) ermittelt. Dabei werden nicht einzelne Pixel, sondern Objekte, welche aus Pixel mit gleichen Eigenschaften hervorgehen, analysiert. Das in der Methode verwendete Programm Cognition von Trimble kann ein Foto objektbasiert analysieren. Dazu wird von der zu analysierenden Bodenoberfläche vertikal von oben ein Foto erstellt, das ca. 1 m² abbildet. Es kann eine handelsübliche Digitalkamera verwendet werden. Die Software erstellt auf Basis eines Algorithmus, eine Segmentierung des Bildes in Objekte (Abbildung 1). Nach der Segmentierung des Bildes werden auf Basis vorgegebener Regeln die entstandenen Objekte Klassen zugeteilt. Folgende Klassen sind definiert: *Schatten*, *Vegetation*, *Pflanzenreste*, *Steine* und *Unsicher*. All jene Objekte, die keiner dieser Klassen zuordenbar sind, werden als offener Boden angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Das erfolgreiche Konzept der „Mulchsaat“ stützt sich auf drei Säulen: Auf eine kontinuierliche Bodenbedeckung mit Ernterückständen bzw. durch den Anbau von Zwischenfrüchten als Begrünungsmaßnahme (das Belassen von nicht verrotteten Wurzeln sowie das aufliegende Mulchmaterial führt zur Erweiterung des effektiven Wurzelraumes und zu einer höheren Wasser- und Nährstoffeffizienz). Die Verminderung der unproduktiven Verdunstung erhöht den Bodenwasservorrat. Die

höhere Regenverdaulichkeit und höhere Bodenrauhigkeit führt zu einer wesentlichen Verminderung der Wassererosion.

Die Menge der aufliegenden Biomasse nach der Saat ist für den Bedeckungsgrad entscheidend. Aus drei Kleinparzellen jeder Teilfläche wurden Proben für die aufliegende Biomassemenge gezogen und gemittelt (Daten nicht angeführt). Die Biomassemengen lagen zwischen 0,8 t TM/ha in Heidenreichstein und von 1,0 bis 6,7 t TM/ha in Hasendorf.

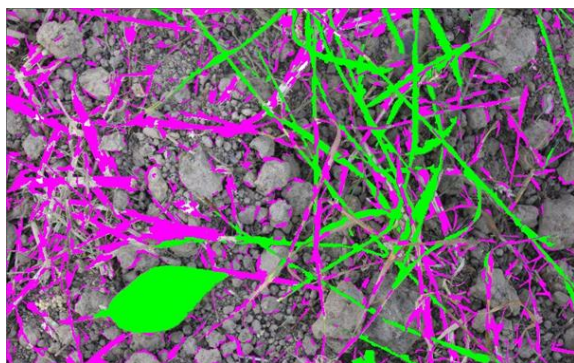


Abbildung 1: Beispiel für die Analyse der Bodenbedeckung

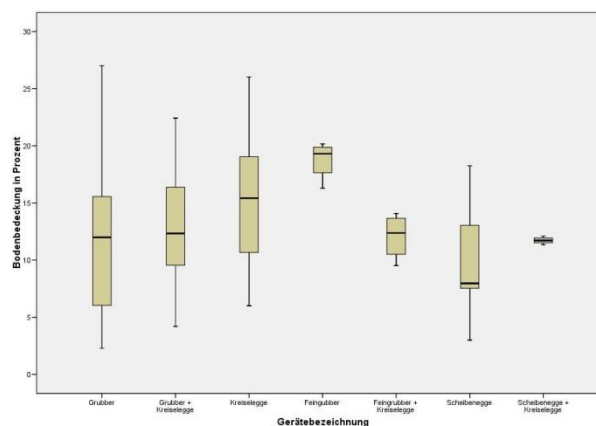


Abbildung 2: Bodenbedeckung mit Mulchauflage in % nach der Saatbettbestellung

Eine Verminderung des Nährstoffaustrages in Oberflächengewässern kann durch die Begrünung von Ackerflächen alleine nicht erreicht werden (LIEBHARD 2005). Derzeit gibt es sowohl in der EU als auch in Österreich keine einheitlichen Durchführungsmaßnahmen für die Mulch- und Direktsaat. Die Mulchsaat kann daher sowohl mit als auch ohne vorhergehender Saatbettbereitung vorgenommen werden. Der relative Bodenabtrag durch Erosion vermindert sich mit zunehmender Mulchauflage (UNGER et al. 2012). Der Bodenabtrag durch Wassererosion wird bei 10 % Minimalbedeckung um ca. 30 %, bei Optimalbedeckung mit ca. 30 % um ca. 75 % vermindert (UNGER et al. 2012). In den USA muss für die „Konservierende Bodenbearbeitung“ ein Bedeckungsgrad von mindestens 30 % erreicht werden (JOHNSON, 1988).

Die Ergebnisse an den angeführten Standorten zeigen nur einen geringen Einfluss der im Spätherbst oberirdisch aufliegenden Biomassemenge (Begrünung) und dem Bodenbedeckungsgrad nach der Saat (Abbildung 2). In der Literatur wird aber vielfach auf die Bedeutung der aufliegenden Biomassemenge und den Bedeckungsgrad hingewiesen. Eine ausreichend etablierte Begrünung (mit verholzten Wurzeln) ist die Basis für eine Erosionsminderung im nachfolgenden Frühjahr und Sommer. Bei einer Saatbettbereitung vor der Saat der Folgefrucht ist die Arbeitstiefe des eingesetzten Gerätes für die Verminderung der Mulchauflage entscheidend. Nach einer Saatbettbereitung im Frühjahr konnte der anzustrebende Bodenbedeckungsgrad von 30% Mulchauflage auf keinem Standort erreicht werden. Die objektbasierte Bildanalyse nach BAUER und STRAUSS (2013) ermöglicht eine gesicherte Beurteilung der Mulchauflage

Literatur

BAUER, T. und P. STRAUSS, 2013: A rule-based image analysis approach for calculating residues and vegetation cover under field conditions. *Catena*, 363 – 369.

Weitere Literatur ist beim Erstautor erhältlich

Einfluss von Zwischenfruchtbegrünungen auf bodenbürtige Treibhausgasemissionen

Gernot Bodner¹, Sophie Zechmeister-Boltenstern² und Hans-Peter Kaul¹

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau/Universität für Bodenkultur, Wien; ²Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Bodenforschung/Universität für Bodenkultur, Wien. E-Mail: gernot.bodner@boku.ac.at

Einleitung

Zwischenfruchtbau wird künftig, neben seiner Wirkung auf Grundwasser und Boden, auch auf seine Bedeutung für den Klimawandel geprüft. Die Verringerung der Bodennitratgehalte auf begrünten Ackerflächen kann zu einer Reduktion der Lachgasemissionen führen (Parkin et al., 2006). Andere Untersuchungen zeigten jedoch, dass durch die Zufuhr leicht umsetzbaren Kohlenstoffs auch ein erhöhtes Emissionspotential möglich ist (Velthof et al., 2002). Ziel der Arbeit war es, das Emissionspotential nach Zwischenfrüchten mit Schwerpunkt Lachgas auf zwei klimatisch unterschiedlichen Standorten abzuschätzen.

Material und Methoden

Treibhausgas-Emissionen (N₂O, CO₂) wurden 2012/13 an den Standorten Lichtenwörth (Trockengebiet) und Pötting (Feuchtgebiet) untersucht (Tab. 1). Die Versuche waren als Streifenanlagen (n=3) auf Praxisbetrieben angelegt. Vier Zwischenfruchtvarianten wurden mit Schwarzbrache verglichen, darunter Senf in Reinsaat als verbreitetste Art, sowie drei Mischungen. Treibhausgas-Messungen mittels geschlossenen Kammern fanden gezielt zu Zeitpunkten statt, die aus Literaturangaben als kritisch für Lachgasbildung eingestuft werden (Abfrostern, Wassersättigung und Auftauen des Bodens).

Tab. 1. Zwischenfruchtversuche zur Messung der Treibhausgasemissionen.

| | Lichtenwörth, NÖ | Pötting, OÖ |
|--|---|-------------|
| Niederschlag | 599 mm | 817 mm |
| Boden | Schwarzerde | Pseudogley |
| Vorfrucht | Wintergerste | |
| Saattermin Zwischenfrucht ¹ | Ende Juli ¹ | |
| Zwischenfruchtvarianten ² | Schwarzbrache, Senf, Winterbegrünung I, Kresse-Mungo-Ölrettich, Wassergüte früh | |
| Düngungsvarianten ³ | 0 und 30 kg N ha ⁻¹ | |

¹In Pötting wurde Senf praxisüblich Mitte August gesät; ²Winterbegrünung 1 enthält Senf und Phacelia; Wassergüte früh enthält Alexandrinerklee, Mugo und Phacelia; in Lichtenwörth wurde als Senfvariante Sareptasenf verwendet, in Pötting Gelbsenf; ³In Lichtenwörth Biogasgülle, in Pötting Schweinegülle.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Lachgasemissionen im Zeitverlauf. Die N₂O-Emissionen zwischen Abfrostern der Begrünung im Spätherbst bis Vegetationsbeginn im Frühjahr, lagen um mehr als das 160fache unter dem Maximum während der Hauptfrucht (12,5 vs. 2082,4 mg m² h⁻¹ nach N-Düngung). Auch der zweite Peak in der Hauptfrucht nach einem starken Niederschlag im Juni lag mit 618,6 mg m² h⁻¹ deutlich über den

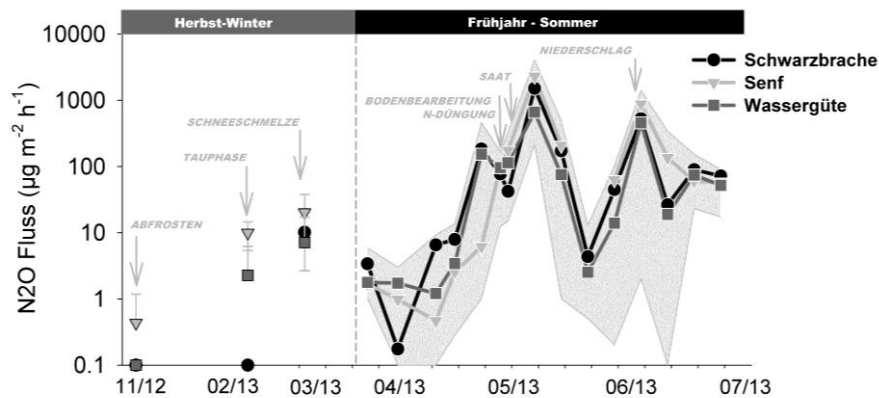


Abb. 1. N₂O-Emissionen bei Schwarzbrache, Senf und Wassergüte früh am Standort Pötting, Oberösterreich, zu kritischen Momenten nach der Zwischenfrucht sowie in der Hauptfrucht (Kulturart Mais, Düngehöhe 162 kg N ha⁻¹).

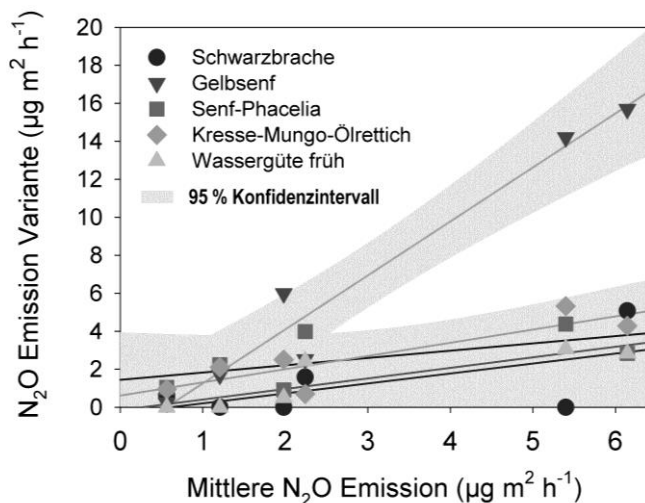


Abb. 2. Lachgasemissionen bei verschiedenen Zwischenfruchtvarianten sowie Schwarzbrache bei unterschiedlicher Höhe der standörtlichen mittleren Emissionen.

Literatur

- Parkin, T.B., Kaspar, T.C., Singer, J.W. 2006. Cover crop effects on the fate of N following soil application of swine manure. *Plant and Soil* 289, 141-152.
- Velthof, G.L., Kuikman, P.J., Oenema, O. 2002. Nitrous oxide emission from soils amended with crop residues. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62, 249-261.

Die Versuche wurden im Rahmen von StartClim2012 mit finanzieller Unterstützung des BMLFUW, des BMWF, des Landes Oberösterreich und den Österreichischen Bundesforsten durchgeführt.

Emissionen zu ähnlichen Bodenbedingungen bei Schneeschmelze im zeitigen Frühjahr.

Senf zeigte besonders zu emissionsstarken Momenten eine erhöhte N₂O-Bildung im Zeitraum zwischen Abfrosten und Vegetationsbeginn (Abb. 2).

Die erhöhten Lachgasverluste bei Senf traten auf beiden Standorten auf. In

Lichtenwörth war das Maximum bei Senf während einer Tauphase im Februar (12.2 mg m² h⁻¹), in Pötting nach der Schneeschmelze im März (14.1 mg m² h⁻¹). Grund der höheren Lachgasemissionen bei Senf dürften Prozesse in Folge der Umsetzung der Senfölglycoside sein.

Insgesamt zeigte der Versuch ein nur geringes Emissionspotential in unmittelbarer Nachwirkung der Begrünung im Vergleich zu Maßnahmen in der Hauptfrucht, mit den höchsten gasförmigen N-Verlusten bei wenig verholzten Brassica-Reinsaaten.

Trockenmasse-, theoretischer Methanhektarertrag sowie Flächenbedarf von Energiefruchtfolgen mit Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen

Wiebke Brauer-Siebrecht, A. Jacobs, H.-J. Koch und B. Märländer

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: Brauer-Siebrecht@ifz-goettingen.de

Einleitung

Beim Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion stellt Silomais (SM) massebezogen nach wie vor das Hauptsubstrat dar (DBFZ 2013). Allerdings ist zu hinterfragen, ob sich der Anbau enger SM-Fruchtfolgen positiv auf die gesellschaftliche Akzeptanz der Biomasseproduktion auswirkt. Ziel der Arbeit war zu untersuchen, inwieweit Energiefruchtfolgen mit Zuckerrüben (ZR) eine Alternative bezüglich des Ertrages sowie des Flächenbedarfes darstellen.

Material und Methoden

Die Feldversuche fanden in Aiterhofen (Niederbayern), Harste (Süd-niedersachsen) und Etdorf (Sachsen-Anhalt) mit den in Tab. 1 angegebenen Fruchtfolgen statt. Die Abschätzung der theoretischen Methanhektarerträge aus ZR und SM erfolgte nach Weißbach (2009b, 2008, 2009a) und wurden mit $35,9 \text{ MJ Nm}^{-3}$ Methan⁻¹ (Friehe et al. 2010) und der Winterweizen(WW)-Kornertrag (Backweizen) mit $15,7 \text{ GJ t}^{-1}$ Trockenmasse⁻¹ (TM) (Feldheim et al. 1983) energetisch bewertet. Der Energieaufwand für den Anbau der Prüfkulturen wurde auf Grundlage der jeweiligen Anbaudokumentation, zusätzlichen Modellannahmen sowie Energieäquivalenten (Biograce, Hülsbergen et al. 2001) ermittelt. Die Differenz zwischen Energieertrag und -aufwand ergab den Netto-Energiegewinn der Prüfkulturen, aus dessen Kehrwert sich der Flächenbedarf ergab. Die Datensätze für den TM-Ertrag und Flächenbedarf in Harste sowie den Flächenbedarf in Etdorf wurden transformiert, um eine Normalverteilung zu erhalten.

Tab. 1: Fruchtfolgen an Standorten (2011-2013).

| | Aiterhofen n = 4 | Harste n = 3 | Etdorf n = 3 |
|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| (Senf) ZR-WW-WW | x | x | |
| (Senf) SM-WW-WW | x | x | |
| (Senf) SM-ZR-WW | x | x | |
| SM-Daueranbau | (x)* | x | x |
| ZR-Daueranbau | | x | x |
| WW-Daueranbau | | x | x |

* Anbau von Sorghum in 2011; nicht als dreijährige Fruchtfolge auswertbar. ZR = Zuckerrüben, WW = Winterweizen, SM = Silomais.

Ergebnisse und Diskussion

Im dreijährigen Mittel erreichte SM an allen Standorten höhere TM-Erträge als ZR (Abb. 1 a). Am Standort Harste könnten durch eine spätere ZR-Ernte die TM-Erträge noch erhöht werden. Das errechnete Methanbildungspotenzial von ZR lag im Mittel der Versuchsjahre und -standorte mit $0,347 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1}$ Trockensubstanz⁻¹ (TS) etwas über dem des SM ($0,337 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1}$ TS⁻¹). Aufgrund der höheren TM-Erträge erreichte SM dennoch z. T. signifikant höhere theoretische Methanhektarerträge als ZR (Abb. 2). Am Standort Etdorf zeigten sich starke Ertragsdepressionen im ZR-Daueranbau, was in einem signifikant geringeren theoretischen Methanhektarertrag sowie einem signifikant höheren Flächenbedarf resultierte (Abb. 1 b). Aufgrund

Treibhausgasemissionen beim Anbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen – eine Systemanalyse verschiedener Energiefruchtfolgen

Anna Jacobs, W. Brauer-Siebrecht, H.-J. Koch und B. Märländer

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: jacobs@ifz-goettingen.de

Einleitung

Eine der wesentlichen Umweltwirkungen des Kulturpflanzenanbaus ist die Emission von Treibhausgasen (THG), die durch das Anbaumanagement sowie Mineralisierungsvorgänge im Boden entstehen. Besondere Bedeutung hat dies für den Anbau von Bioenergiekulturen, bei dem die THG-Emissionen u. a. im Verhältnis zum energetischen Ertrag als "THG-Intensität" zu interpretieren sind. Ziel der Arbeit war, aus Fruchtfolgeversuchen die THG-Emissionen und -Intensität von Zuckerrüben (ZR), Silomais (SM) und Winterweizen (WW) abzuleiten, um eine Datenbasis für zukünftig festzulegende THG-Minderungspotentiale der Biogasproduktion zu liefern.

Material und Methoden

Die Versuchsbeschreibung sowie die hier verwendeten Energie-Erträge sind dem Beitrag von Brauer-Siebrecht et al. In diesem Heft zu entnehmen. Für die Bewertung der Prüfkulturen unabhängig von Fruchtfolgeeffekten wurden die Prüfkulturen SM und ZR (Produktionsziel: Biogas) sowie WW (Produktionsziel: Backweizen) der Daueranbau-Varianten (vgl. Abb. 1) betrachtet. Die THG-Emissionen wurden auf Grundlage der jeweiligen Anbaudokumentation, zusätzlichen Modellannahmen sowie CO₂-Equivalenten (CO₂eq) aus ENZO₂ (IFEU 2013) und IPCC-Vorgabe (De Klein et al. 2006) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die THG-Emissionen beim Anbau der drei Prüfkulturen lagen im Mittel auf ähnlichem Niveau zwischen 2,6 und 2,8 t CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹. Ausnahme bildeten der SM in Aiterhofen und der WW in Harste (je 3,7 t CO₂eq ha⁻¹ a⁻¹), deren Anbaumanagement im Vergleich zu den jeweils anderen Standorten deutlich höhere N-Düngung erforderte. Eine höhere N-Düngung steigert ebenso die berechneten N₂O-Feldemissionen, die bei allen Prüfkulturen 49% der gesamten THG-Emission ausmachten. Hierbei spielen die nach der Ernte im Feld belassenen Erntereste bei ZR und WW eine erhebliche Rolle. Der hohe N-Gehalt der ZR-Blätter führt dazu, dass der Ernterest-Anteil der N₂O-Emissionen im ZR-Anbau 55% beträgt. Die THG-Intensität des WW-Anbaus (25 kg CO₂eq GJ⁻¹ a⁻¹) lag auf Grund der geringeren Trockenmasse- und Energieerträge prinzipiell deutlich über der vom ZR- und SM-Anbau (13 kg CO₂eq GJ⁻¹ a⁻¹; Abb. 2). Ausnahme war hier der ZR-Daueranbau in Etzdorf, der auf Grund des Ertragseinbruchs deutlich über Niveau lag (vgl. Beitrag Brauer-Siebrecht et al.). Für eine ganzheitliche Bewertung von Bioenergiekulturen ist die gesamte Fruchtfolge einzubeziehen, um entsprechende Anpassungen im Anbaumanagement (z. B. Bodenbearbeitung, N-Düngung) zu erfassen. Beispielhaft sei hier eine (Senf)-ZR-WW-WW-Fruchtfolge bewertet: Im Mittel der Standorte Harste und Aiterhofen lagen die THG-Emissionen bei 9 t CO₂eq ha⁻¹ 3a⁻¹, der Energieertrag bei 525 GJ ha⁻¹ 3a⁻¹ und die THG-Intensität bei 17 kg CO₂eq GJ⁻¹.

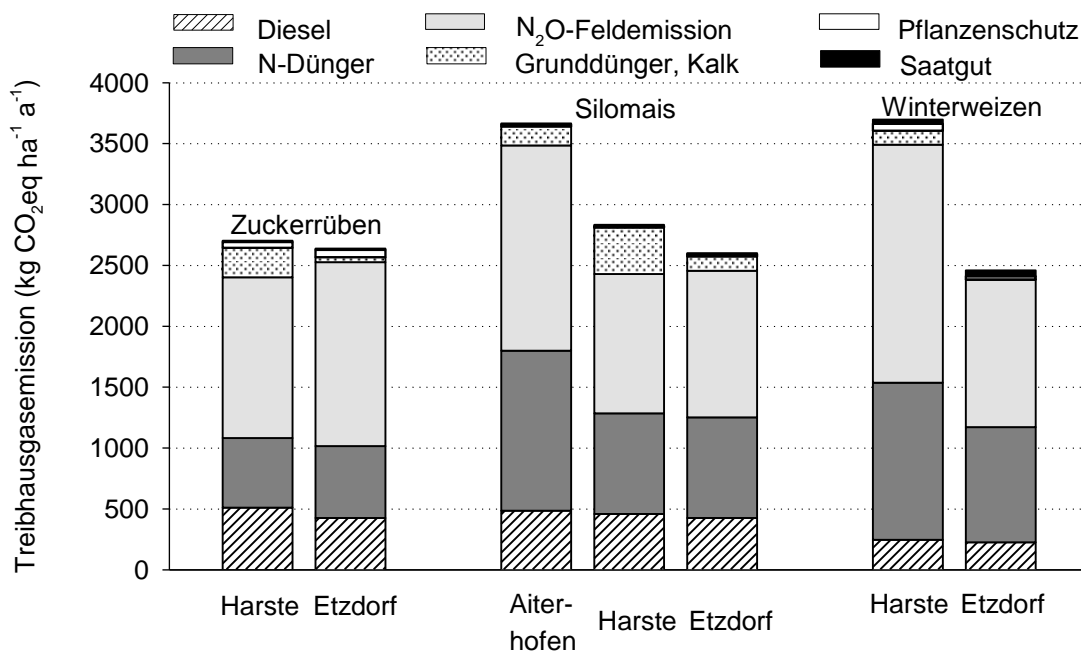


Abbildung 1: Treibhausgasemission (CO₂-Äquivalente) beim Anbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen an drei hochproduktiven Standorten; Mittelwerte der Prüfkulturen im Daueranbau: Harste/Etzdorf: 2011-2013 (n = 9 bzw. 12), Aiterhofen: 2012-2013 (n = 8).

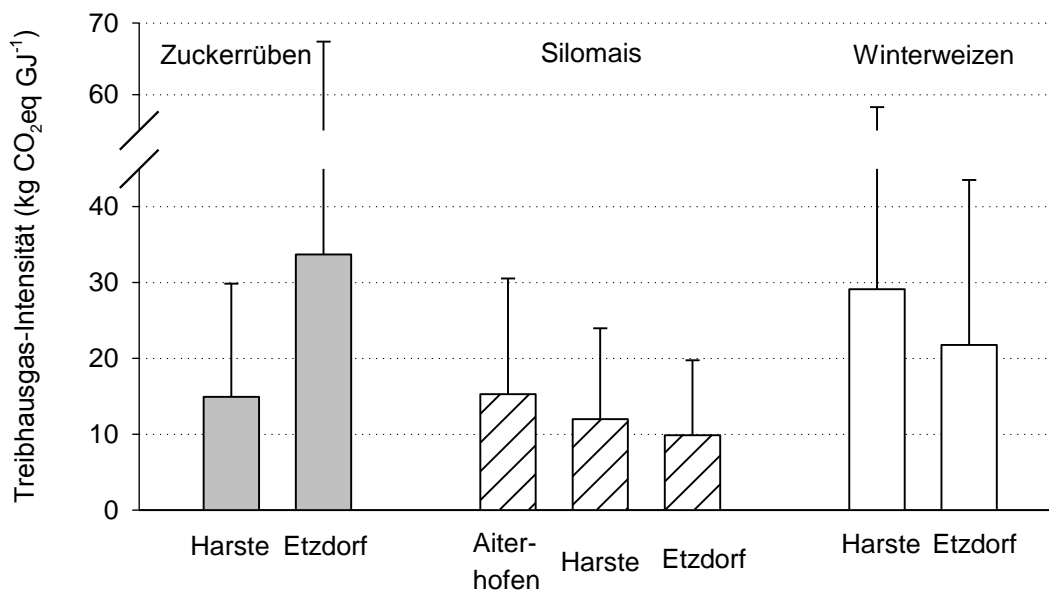


Abbildung 2: Treibhausgas-Intensität (CO₂-Äquivalente pro geerntete Energie) des Anbaus von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen an drei hochproduktiven Standorten; Mittelwerte der Prüfkulturen im Daueranbau: Harste/Etzdorf: 2011-2013 (n = 9 bzw. 12), Aiterhofen: 2012-2013 (n = 8).

Literatur

De Klein, C. et al., 2006. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. in: Eggleston, S. et al. (Hrsg.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use, 11.2-11.54.

IFEU, 2013. ENZO₂ - Treibhausgasrechner für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger. Version 1.3. <http://www.ifeu.de/index.php?bereich=nac&seite=ENZO2>, Juni 2013.

Treibhausgasminderung auf Mineralböden: Potenziale in verschiedenen Nutzungssystemen

Julian Klepatzki, Frank Ellmer

Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin-Dahlem. E-Mail: julian.klepatzki@agrار.hu-berlin.de

Einleitung

In der aktuellen Klimadebatte steht u.a. die Rolle der Landwirtschaft als Verursacher klimarelevanter Treibhausgase im Fokus. Eine Möglichkeit zur Verminderung von Treibhausgasemissionen landwirtschaftlichen Ursprungs ist, den Kohlenstoffgehalt in landwirtschaftlich genutzten Böden zu erhöhen. Lotze-Campen et al. (2009) stellten fest, dass für die Gesamtheit der mineralischen Böden ein hohes Potenzial der CO₂-Sequestrierung besteht, wobei weitgehend unbekannt ist, in welchem Umfang einzelne agrotechnische Maßnahmen zur CO₂-Reduktion beitragen können. Vor diesem Hintergrund soll in der vorliegenden Studie auf der Basis von Dauerfeldversuchen eine Methode zur Berechnung von Treibhausgasminderungspotenzialen für Sandstandorte entwickelt werden und im Anschluss deren praktische Anwendung geprüft werden.

Material und Methoden

Experimentelle Grundlage sind Dauerfeldversuche an der Lebenswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (Versuchsstandorte Berlin-Dahlem und Thyrow) und die Langzeitwirkungen von Prüffaktoren der Bodennutzung auf die Gehalte an organischem Kohlenstoff im Boden. Untersuchte Prüffaktoren sind Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung und Bewässerung.

Ein erster vereinfachter Ansatz zeigt Möglichkeiten der Analyse und Bewertung von Ergebnissen aus Dauerfeldversuchen auf leichten Sandstandorten. Grundlage sind die Unterschiede in den Bodenkohlenstoffgehalten im Statischen Bodenfruchtbarkeitsversuch am Standort Thyrow (seit 1938) in den Varianten mineralische Düngung (NPK) und NPK mit Stallmist. Den Veränderungen in den Bodenkohlenstoffgehalten der Varianten liegen Messwerte zu Versuchsbeginn 1938 und nach 25 Versuchsjahren (1962) zu Grunde. In die Berechnung wurden die Ertragsergebnisse der Erntejahre 2007-2012 einbezogen und nach BMELV (2011) in Getreideeinheiten (GE) umgerechnet. Einzelheiten zum Versuchsaufbau sind in MLUV (2007) nachgewiesen. Die Emissionsfaktoren stammen aus Ecoinvent (2006) oder wurden nach IPCC (2006) berechnet. Für die Anwendung organischer Dünger wird vereinfachend davon ausgegangen, dass 1,25 % des gedüngten N in Form von N₂O freigesetzt wird. Mithilfe des „Global Warming Potential“ (mit einer Zeitspanne von 100 Jahren) für CO₂, CH₄ und N₂O von 1, 23 und 296 wurden alle Emissionen in CO₂-Äquivalenten angegeben (IPCC, 2006). Die Dieselverbräuche für die durchgeführten agrotechnischen Maßnahmen sind der Betriebsdatensammlung Brandenburg (MIL, 2010) entlehnt.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Auswertungen des Versuches zeigen, dass sich für die beiden ausgewählten Varianten deutliche Unterschiede in der Treibhausgasbilanz ergeben (Abb. 1). Alle mit Stallmist gedüngten N-Varianten konnten durchgehend mehr Kohlenstoff im Boden sequestrieren, als durch agrotechnische Maßnahmen emittiert wurde.

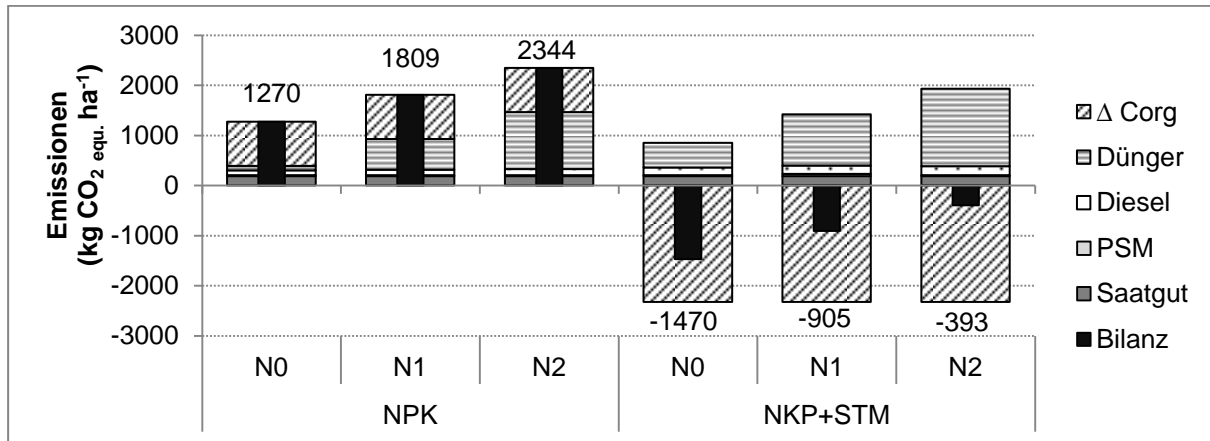


Abb. 1: Flächenbezogene Treibhausgasbilanz inkl. ΔC_{org} im statischen Bodenfruchtbarkeitsversuch am Standort Thyrow (N0=ohne N; N1=60 kg N ha⁻¹; N2=120 kg N ha⁻¹; STM=Stallmist).

Die ausschließlich mineralisch gedüngten Varianten verursachten hingegen jährliche THG-Emissionen von 1270 bis 2344 kg CO₂ equ. ha⁻¹. Die mineralische N-Düngung und der Verlust an C_{org} verursachten hierbei den höchsten Anteil an CO₂ Emissionen an der Bilanz. In Abbildung 2 wurden zusätzlich die Erträge der Varianten berücksichtigt.

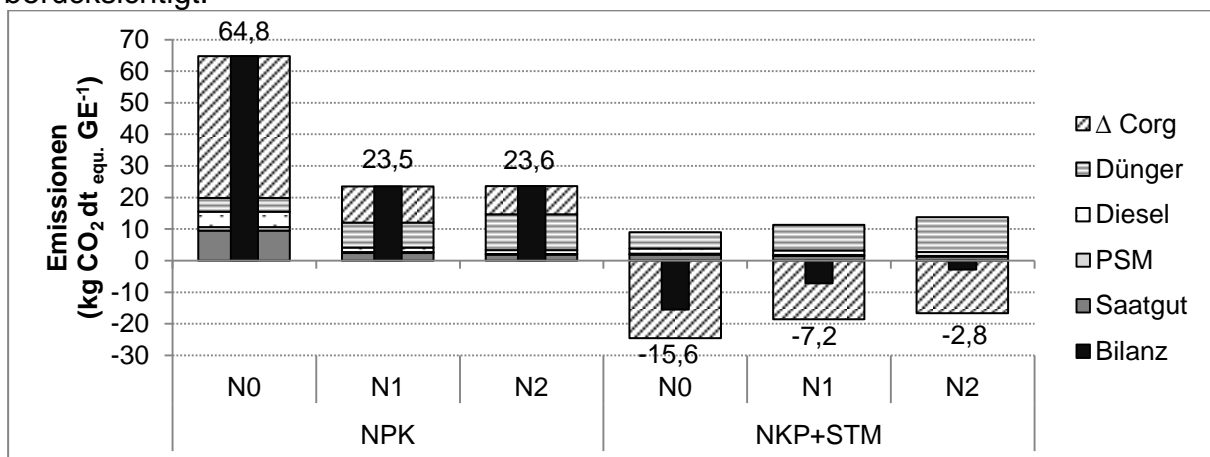


Abb. 2: Produktbezogene Treibhausgasbilanz (in Getreideeinheiten) inkl. ΔC_{org} im statischen Bodenfruchtbarkeitsversuch am Standort Thyrow.

Mit steigender mineralischer N-Düngung sinken die Emissionen je dt Getreideeinheit in den NPK-Varianten. In den mit Stallmist gedüngten Varianten zeigte die ohne mineralischen Stickstoff gedüngte Variante die höchsten CO₂-Minderungspotenziale.

Literatur

- BMELV (2011): Getreideeinheitenschlüssel. <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3120100-2011.pdf> (Abruf 21.04.2014)
- Ecoinvent (2006): Swiss centre for Life Cycle Inventories, ecoinvent database, www.ecoinvent.org
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan
- Lotze-Campen, H.; Noleppa, S.; Spielmanns, S.; Popp, A. und Bodirsky, B. (2009): Chapter 5 Agriculture, in: Bodirsky, B., R. Crassous-Doerfler und andere (2009): How can each sector contribute to 2C? RECIPE Background paper, www.centre-cired.fr/IMG/pdf/RECPE_sectors.pdf
- MIL (Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg) (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. Potsdam
- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (2007): Dauerfeldversuche in Brandenburg und Berlin, Frankfurt (Oder)

Quantifizierung direkter Lachgasemissionen einer typischen Rapsfruchtfolge

Thomas Rübiger¹, Monique Andres², Roland Fuß³, Hannes Hegewald⁴, Katharina Kesenheimer⁵, Sarah Koebe⁶, Teresa Suarez⁷, Heiner Flessa³, Henning Kage¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung/Christian-Albrechts-Universität, Kiel; ²Institut für Landschaftsbiogeochemie / Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg; ³Institut für Agrarklimaschutz/ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig; ⁴Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ⁵Institut für Kulturpflanzenwissenschaften/ Universität Hohenheim, Hohenheim; ⁶Department für Nutzpflanzenwissenschaften/ Georg-August-Universität, Göttingen; ⁷Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam-Bornim; E-Mail: raebiger@pflanzenbau.uni-kiel.de

Einleitung

Die Nachhaltigkeitsbewertung von Biokraftstoffen wird gegenwärtig in Öffentlichkeit, Politik und Wissenschaft kontrovers diskutiert. In Deutschland rückt damit der Winterrapsanbau, eine der wichtigsten Rohstoffquellen für Biokraftstoffe, in den Fokus. Dessen THG-Bilanz wird vor allem von den Herstellungsemissionen synthetischer N-Dünger und den N₂O-Feldemissionen dominiert (PAHLMANN ET AL., 2013). In der gegenwärtigen Bilanzierungsmethodik wird dabei ein weitgehend linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der N-Düngung und den N₂O-Feldemissionen angenommen. Diese Annahme hat einen großen Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbewertung des Winterrapsanbaus und sollte daher hinterfragt werden. Im Rahmen eines deutschlandweiten Verbundprojektes zur regionalisierten Quantifizierung von THG-Emissionen im Rapsanbau liegen erste Ergebnisse vor, anhand derer die gegenwärtigen Methoden evaluiert werden können.

Material und Methoden

Zur Quantifizierung direkter N₂O-Emissionen wurden 2012 an 5 Standorten in Deutschland Feldversuche mit einer einheitlichen Fruchtfolge (Winterraps – Winterweizen – Wintergerste) angelegt (randomisiertes Block-Design, 4 Wiederholungen). Im Winterraps wurde die mineralische N-Düngung (KAS) in 5 Stufen gesteigert (0, 60, 120, 180, 240 kg N ha⁻¹; 2 Teilgaben). Das Messprogramm umfasst unter anderem die wöchentliche Erhebung der direkten N₂O-Emissionen mit manuellen Hauben seit Ende 2012 / Anfang 2013.

Die spezifischen (bezogen auf MJ Biodieselendprodukt) THG-Emissionen des Rapsanbaus wurden mit dem, für die Zwecke der RED zertifizierten, BioGrace-Tool berechnet. Die zugrunde liegende N-Düngungshöhe entspricht dabei dem Versuchsdesign, die weiteren Betriebsmittel wurden für die Kalkulation an das Anbausystem angepasst. Die Feldemissionen setzten sich aus direkten und indirekten N₂O-Emissionen zusammen, wobei für die indirekten N₂O-Emissionen Standardwerte (IPCC) herangezogen wurden. Die direkten N₂O-Emissionen wurden in unterschiedlicher Art und Weise berücksichtigt: (1) Berechnung der direkten N₂O-Emissionen entsprechend gegenwärtiger Standards (IPCC), (2) Gemessene direkte N₂O-Emissionen aus dem Feldversuch.

Ergebnisse und Diskussion

Das Jahr 2013 zeichnete sich durch einen außerordentlich langen Winter und einen kalten, teilweise trockenen März aus, was einen Einfluss auf die N₂O-Emission hatte.

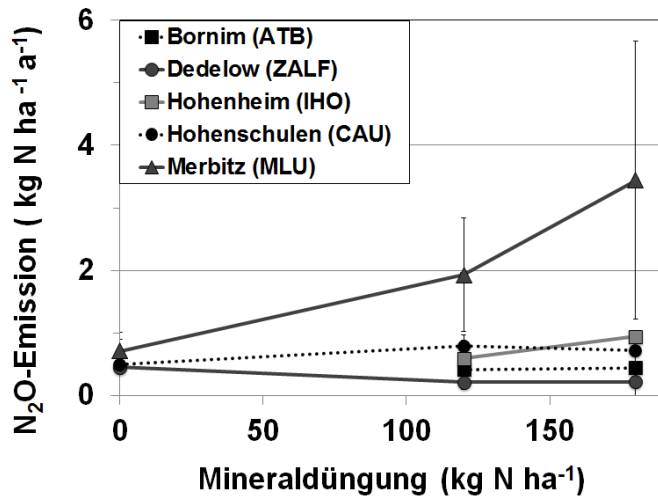


Abb.1: Abhängigkeit der N₂O-Emissionen von N-Düngung im Versuchsjahr 2013.

Die jährlichen direkten N₂O-Emissionen waren im betrachteten Versuchsjahr sehr gering (Abb.1). Nur an einem Standort konnten moderate Emissionen nachgewiesen und eine Abhängigkeit der Emissionshöhe von der Düngung beobachtet werden. Der weitgehend lineare Zusammenhang zwischen applizierter N-Menge und den direkten N₂O-Emissionen, der in den gegenwärtigen Bilanzierungsmethoden unterstellt wird, lies sich anhand der Daten für das Versuchsjahr 2013 so nicht erkennen (Abb.1).

Für den Standort Hohenschulen (Schleswig-Holstein, Temperatur: Ø 8,4°C, Bodenart: SI3, Niederschlag: Ø 760 mm) sind die spezifischen Emissionen des Rapsanbaus beispielhaft in Tab.1 ausgewiesen. Die aus der N-Düngung abgeleiteten N₂O-Emissionen nach IPCC liegen dabei mehr als 3 kg N₂O ha⁻¹ a⁻¹ über den tatsächlich gemessenen Werten. Bezogen auf das Endprodukt Biodiesel ergibt sich daraus eine Differenz der spezifischen THG-Emissionen von rd. 9 g CO_{2eq}/MJ. In der Summe der Anbauemissionen beläuft sich die Abweichung, allein aufgrund der Unsicherheiten in der Abschätzung der N₂O-Emissionen, auf rd. 28%. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, die Methodik der THG-Bilanzierung zum Beispiel durch die Ableitung regionalisierter Emissionsfaktoren oder unter Einbeziehung von Modellierungsansätzen weiter zu verfeinern.

Tab. 1: Ertragspezifische N₂O-Emissionen der Biodieselerzeugung aus Raps nach RED für Hohenschulen 2013 (Düngung: KAS; 180 kg N ha⁻¹).

| Variante | direkte N ₂ O-Emissionen [kg N ₂ O ha ⁻¹ a ⁻¹] | direkte N ₂ O-Emissionen [gCO _{2eq} /MJ] | Gesamtemissionen Anbau [gCO _{2eq} /MJ] |
|-----------------|--|---|--|
| Standard (IPCC) | 4,33 | 12,6 | 32,5 |
| gemessen | 1,13 | 3,3 | 23,2 |

Literatur

Pahlmann, I., Böttcher, U., Sieling, K., Kage, H. (2013). Possible impact of the Renewable Energy Directive on N fertilization intensity and yield of winter oilseed rape in different cropping systems. Biomass and Bioenergy 57: 168-179

RED 28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union, 140:16-4

Messung von N₂O-Flüssen beim Anbau von Winterraps in einem Feldexperiment auf sandigem Lehm

Beat Vinzent¹, Franz-Xaver Maidl¹, Roland Fuß² und Kurt-Jürgen Hülsbergen¹

¹TU München/Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising; ²Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig. E-Mail: beat.vinzent@tum.de

Einleitung

Winterraps nimmt aktuell eine Anbaufläche von über 1,4 Mio. ha ein (BMELV, 2014). Die N-Effizienz ist nach bisherigen Erkenntnissen oft relativ gering. Die hier gezeigten Versuche sollen vor dem Hintergrund der Verschärfung der Biokraftstoffnachhaltigkeitsverordnung (BIOKRAFT-NACHV, 2009) N₂O-Verluste beim Rapsanbau sowohl durch angepasste N-Düngung, als auch durch wirksames Nacherntemanagement vermindern.

Material und Methoden

Die Versuche stehen auf Flächen der Versuchsstation Roggenstein (520 m über NN, 2013: 8,3 °C, 879 mm) (AGRAMETEOROLOGIE BAYERN, 2014) der TU München. Sie werden in randomisierten Feldversuchen durchgeführt. Treibhausgasflüsse (N₂O, CH₄ und CO₂) werden zweimal wöchentlich mittels manueller Haubenmessungen erfasst. Biomasse- sowie Bodenproben und Umweltparameter werden versuchsbegleitend erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Der Messzeitraum ab August 2013 bis ins Frühjahr 2014 war durch für den Standort verhältnismäßig geringe Niederschläge gekennzeichnet.

Im Nachernterversuch nach Raps zeigten in einem Untersuchungszeitraum von 213 Tagen die Varianten mit Winterweizen nach intensiver Bodenbearbeitung wie auch nach Direktsaat geringe kumulative N₂O-Emissionen von 315 bzw. 320 g N₂O-N/ha.

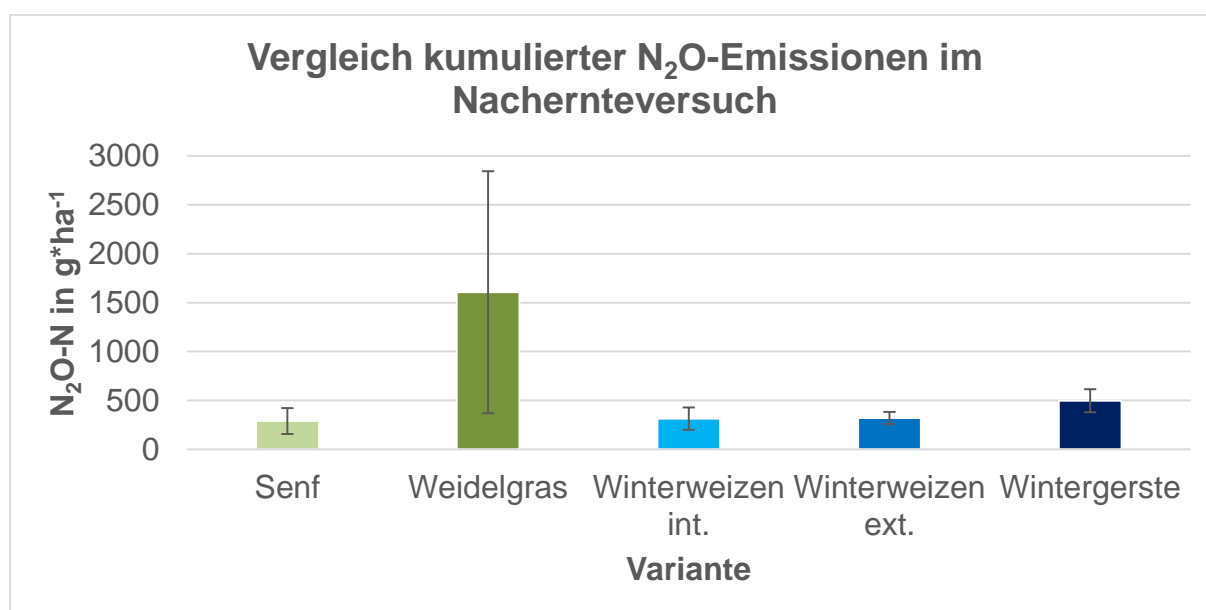


Abbildung 1: kumulierte N₂O-Emissionen im Nachernterversuch

Die Wintergerste brachte trotz knapp drei Wochen früherer Saat als Winterweizen und höherer N-Aufnahme aus dem Boden mit 498 g N₂O-N/ha etwas höhere Emissionen. Am deutlichsten fiel jedoch der Emissionsunterschied bei den beiden Ende August gedüllten Zwischenfrüchten aus. Während der Gelbsenfbestand durchschnittlich 298 g N₂O-N/ha emittierte, waren die Emissionen beim Weidelgras trotz üppiger Vorwinterentwicklung und Schnittnutzung mit über 1,6 kg N₂O-N/ha deutlich höher, wobei die für N₂O-Flüsse typische Varianz beobachtet wurde. Eine Erklärung könnte das Vorhandensein größerer Mengen leicht abbaubaren Kohlenstoffs sein, dessen Umsatz zu anaeroben Bedingungen im Boden führt und die Denitrifikation trotz niedriger N_{min}-Werte gefördert hat. Hier bedarf es weiterer Untersuchungen und Absicherung der Effekte über mehrere Versuchsjahre.

Im Rapsdüngungsversuch unterschieden sich die Varianten bis Vegetationsbeginn in einer unterlassenen N-Startgabe bzw. einer Herbstgabe von 40 kg N/ha in Form von Ammonsulfatsalpeter. Niederschläge im Oktober zeichneten sich sehr klar in Emissionspeaks von bis zu 120 µg*m⁻²*h⁻¹ N₂O ab. Hierbei könnte ebenfalls vermehrt verfügbarer leicht abbaubarer Kohlenstoff – beispielsweise in Form von unterirdischen Ernteresten – eine Rolle für die erhöhten Emissionen spielen, da die vollständige Aufnahme des gedüngten Stickstoffs durch die Rapspflanzen durch vermehrte Biomassebildung in den Biomasseschnitten nachvollzogen werden kann.

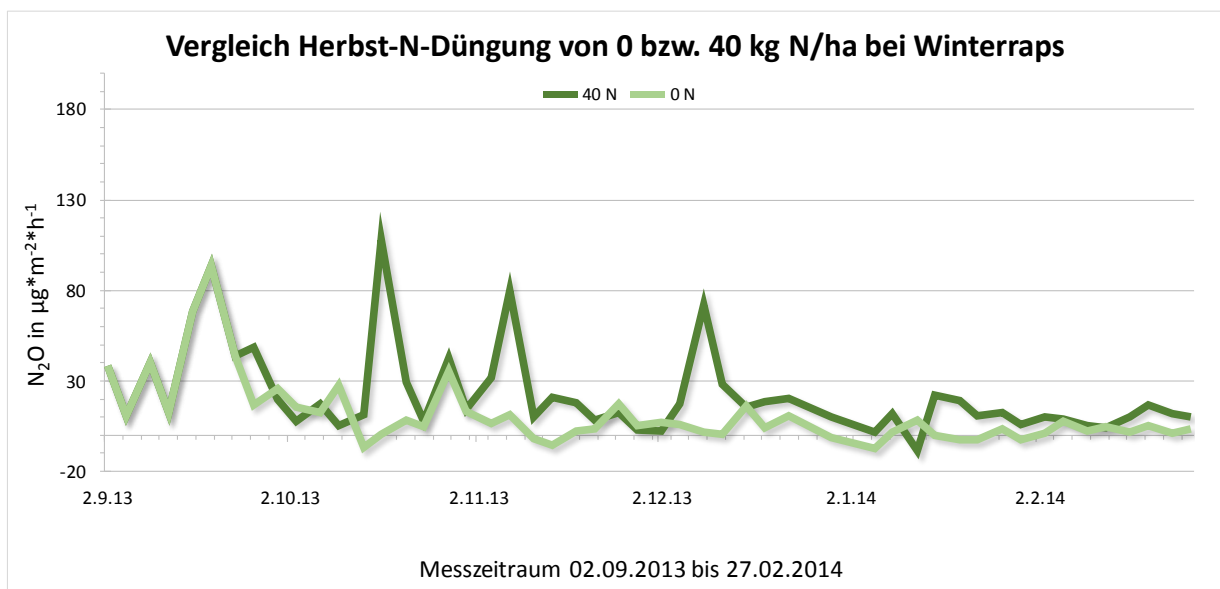


Abbildung 3: N₂O-Emissionen unterschiedlicher Herbst-N-Düngung bei Winterraps

Literatur

BIOKRAFT-NACHV (2009): Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung vom 30. September 2009 (BGBl. I S. 3182), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 26. November 2012 (BGBl. I S. 2363) geändert worden ist. 38 S.

BMELV, (2014): Anbauflächen, endgültige Hektarerträge und Erntemengen bei Winterraps nach Ländern; online verfügbar unter:

<http://berichte.bmelv-statistik.de/EQT-0121010-2013.pdf>; zuletzt geprüft am 16.06.2014.

Einfluss der Temperatursummen auf Qualitätsparameter von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Clemens Flamm¹ und Erich Mursch-Radlgruber²

¹Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien;

²Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie, Wien. E-Mail: clemens.flamm@ages.at

Einleitung

Die Qualität der Weizensorten wird einerseits von ihrem genetischen Potential und den standörtlichen Bedingungen wie Boden und Klima bestimmt. Der Einfluss unterschiedlicher Wasserversorgung auf die Qualität wurde bereits mehrfach untersucht (FLAMM et al. 2012), die Reaktion auf variierende Temperatursummen soll im folgenden Beitrag gezeigt werden.

Material und Methoden

In den Jahren 2010-2013 wurden im österreichischen Pannonischen Trockengebiet Versuche an den Standorten Breitstetten (Bre; Bez. Gänserndorf; 2010-2011), Niederweiden (NWe; Bez. Gänserndorf; 2012-2013), St. Andrä am Zicksee (StA; Bez. Neusiedl am See; 2010-2013), Tattendorf (Tat; Bez. Baden 2010-2013) und Wien (WSP; 2013) durchgeführt. An den Standorten Bre, NWe, Tat und WSP wurden zwei unterschiedliche Wasserversorgungsstufen angelegt. Die Versuche wurden als Gitteranlagen mit drei Wiederholungen konzipiert. Es standen darin 25 bis 30 Winterweizensorten von deutschen, österreichischen und ungarischen Züchtern. Die Temperatur wurde an allen Standorten erhoben und die Tagesmittelsummen (oberhalb von +1°C) ab 1. Jänner bis zum Ährenschieben, zur Blüte bzw. bis zur Gelbreife gebildet. Nach der Ernte wurden neben indirekter Qualitätseigenschaften wie Tausendkorngewicht (g, 86 % TM), Hektolitergewicht (kg, ISO 7971-2), Rohproteingehalt (% TM, Dumas-Methode ICC Nr. 167; N x 5,7), Sedimentationswert (ml, ICC Nr. 116), Feuchtklebergehalt (% TM, ICC Nr. 137) auch Teigtests (Extensogramm; 135 Minuten Teigruhezeit) und Backversuche durchgeführt. Inter- und intravarietale Korrelationen wurden mit der Statistiksoftware SPSS errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der intravarietalen Korrelation der Ergebnisse 2010-2013 zeigte sich, dass einige Qualitätsparameter innerhalb vieler Sorten zu den Temperatursummen bei der Gelbreife einen signifikanten Zusammenhang haben. So erzielten 22 von 30 Sorten bei einer geringeren Temperatursumme signifikant höhere Feuchtklebergehalte ($r = -0,37$ bis $-0,89^{**}$, Abb.1). Auch beim Rohproteingehalt und Sedimentationswert zeigten 19 bzw. 18 von 30 Sorten signifikant hohe negative Zusammenhänge zur Temperatursumme ($r = -0,20$ bis $-0,85^{**}$ bzw. $r = -0,09$ bis $-0,81^{**}$). Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu SCHIPPER et al. (1986), die von höheren Proteingehalten bei höheren Temperaturen berichten. Die Vermutung, dass die Beregnung einzelner Versuche zu einer Umkehrung des Effektes führte, bewahrheitete sich nicht. Ein möglicher Grund könnte die reduzierte N-Düngung sowie zufällige Witterungsverläufe in den Jahren 2012 und 2013 sein.

Das Hektolitergewicht reagierte nicht so einheitlich. Drei Sorten erzielten einen nicht signifikanten positiven Zusammenhang, bei 12 Sorten wurde aber eine negative Signifikanz nachgewiesen. Die Fallzahl hingegen erhöhte sich tendenziell bei

höheren Temperatursummen ($r = -0,17$ bis $0,66^*$). Statistisch nachweisbar war dies aber nur bei den Mahlweizensorten Eurojet, GK Körös, Pamier, Pegassos und Tiger. Das Tausendkorngewicht änderte sich nicht durch eine gesteigerte Temperatursumme.

Im Extensogramm riefen höhere Temperatursummen tendenziell niedrigere Dehnlängen hervor. Eurofit ($r = -0,82^{**}$), Exklusiv ($r = -0,52^*$), GK Berény ($r = -0,87^{**}$), GK Fény ($r = -0,52^*$), GK Rába ($r = -0,63^*$), Midas ($r = -0,60^*$) reagierten signifikant. Auch die Teigenergie wurde negativ beeinflusst. So nahm sie bei Exklusiv ($r = -0,68^{**}$) und bei GK Körös ($r = -0,82^{**}$) ab. Bei GK Berény und Eurofit erhöhte sich der Dehnwiderstand (5cm) sowie die Verhältniszahlen. Das Limitieren der Temperatursummen auf den Zeitraum Blüte bis Gelbreife brachte nur geringfügig andere Ergebnisse.

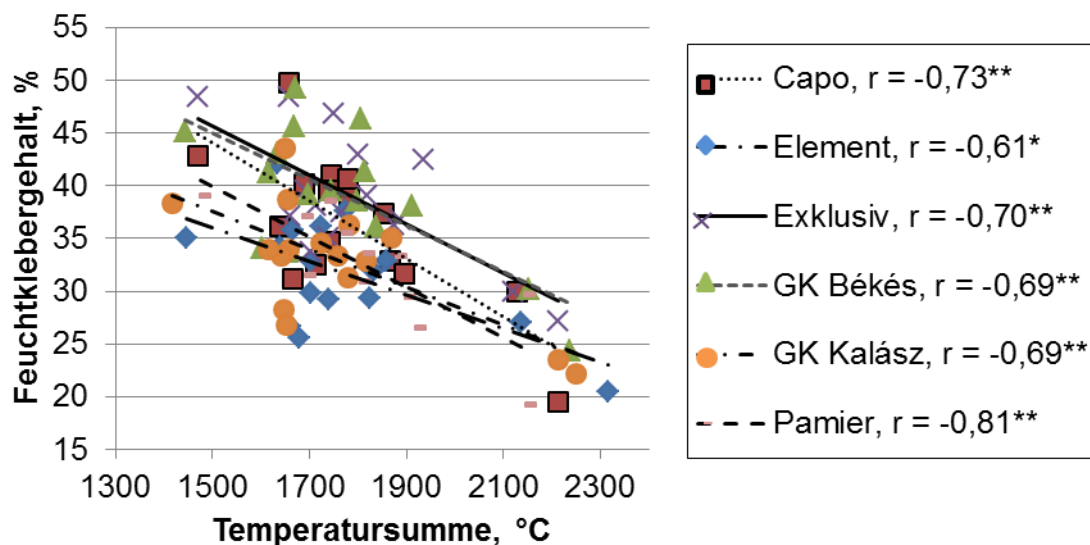


Abbildung 1: Intravarietaler Zusammenhang der Temperatursumme auf den Feuchtklebergehalt (12-16 Versuche, ausgewählte Sorten)

Intervarietale Korrelationen zeigten signifikant negative Zusammenhänge der Temperatursumme auf das Hektolitergewicht, den Rohproteingehalt und den Sedimentationswert sowie im Extensogramm auf die Dehnwiderstände (5cm und max.) und die Verhältniszahlen (5cm und max.) Dehnwiderstand/Dehnlänge. Dies bedeutet, dass jene Sorten in den Versuchen beispielsweise einen höheren Proteingehalt hatten, die bei niedrigeren Temperaturen abreiften. Allgemeiner beschrieben waren Sorten mit schlechterer Qualität jene, die später reiften. Eine generelle Schlussfolgerung ist jedoch daraus nicht zu ziehen.

Literatur

- FLAMM C, ENGEL C, ZECHNER E, LIVAJA M, SCHMOLKE M, PAUK J, 2012: Influence of different water supply on yield parameters and quality of winter wheat. In: Bericht 62. Tagung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2011, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 49-53.
- SCHIPPER A, JAHN-DEESBACH W, WEIPERT D, 1986: Untersuchungen zum Klimaeinfluß auf die Weizenqualität. Getreide, Mehl und Brot. 40, 99-103.

Genetische und nicht-genetische Ertragstrends in langjährigen deutschen Wertprüfungsdaten

Hans-Peter Piepho¹, Friedrich Laidig², Thomas Drobek², und Uwe Meyer²

¹Universität Hohenheim, Stuttgart; ²Bundessortenamt, Hannover. E-Mail: piepho@uni-hohenheim.de

Einleitung

Langjährige Ertragstrends der landwirtschaftlichen Kulturarten sind von großer Bedeutung sowohl für die Pflanzenzüchtung als auch für die pflanzenbauliche Forschung. Von besonderem Interesse ist hierbei die Frage, welchen Anteil am Ertragsfortschritt die Züchtung hat und welchen Anteil andere Ursachen haben wie Klimawandel, Fortschritte in der Anbautechnik, etc. Hierzu liegen mittlerweile zahlreiche Studien aus verschiedenen Ländern vor. In Deutschland hat sich z.B. Schuster (1997) intensiv mit dieser Frage beschäftigt.

Das Bundessortenamt untersucht aktuell langjährige Daten aus den Wertprüfungen bei den wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturarten. Für diese Daten haben Piepho et al. (2014) einen methodischen Vorschlag zur Trendanalyse unterbreitet, den sie am Beispiel des Weizens illustrieren. Dieser Ansatz wird derzeit eingesetzt, um für die wichtigsten Kulturarten aus den Wertprüfungsdaten langfristige Ertragstrends zu schätzen. Ziel dieses Beitrages ist es, den statistischen Ansatz vorzustellen.

Material und Methoden

Eine besondere Herausforderung bei der Untersuchung langfristiger Trends ist die Trennung von züchterischem Fortschritt (genetischem Trend) einerseits und nicht-genetischen Trendursachen andererseits. Mackay et al. (2011) haben hierzu einen Ansatz vorgeschlagen, der auf einem dreifaktoriellen linearen gemischten Modell beruht mit den Faktoren Ort, Jahr und Genotyp. In diesem Modell werden alle Effekte als zufällig betrachtet, mit Ausnahme der Haupteffekte für das Jahr und den Genotyp. Adjustierte Mittelwerte der Genotypen werden gegen das Jahr der ersten Prüfung abgetragen, um den genetischen Trend zu erfassen, während die adjustierten Mittelwerte der Jahre gegen das Kalenderjahr abgetragen werden, um den nicht-genetischen Trend abzubilden.

Dieser Modellansatz wurde von Piepho et al. (2014) durch Regressionskomponenten erweitert, die direkt in das lineare gemischte Modell integriert werden können. Der feste Teil des Modells hat dann die Form $\eta_{ik} = \mu + \beta r_i + \gamma t_k$, wobei η_{ik} der Erwartungswert des i -ten Genotyp im k -ten Jahr ist, μ ein Achsenabschnitt, β der genetische Trend, γ der nicht-genetische Trend, r_i das Jahr der ersten Prüfung für den i -ten Genotyp und t_k das k -te Kalenderjahr.

Mackay et al. (2011) haben in britischen Wertprüfungsdaten festgestellt, dass vermutlich ein Verlust von Resistenzeigenschaften bei neuen Sorten eintritt, der die Ertragstrends überlagert. Um einen solchen Effekt untersuchen zu können, kann man zunächst die beiden in Wertprüfungen verwendeten Intensitätsstufen heranziehen. In Intensitätsstufe 1 wird kein Pflanzenschutz angewendet, während in Intensitätsstufe 2 Pflanzenschutz stattfindet. Geht man davon aus, dass die Pflanzenschutzmaßnahmen einen Resistenzverlust vollständig ausgleichen können, so wird es möglich, durch einen Vergleich der beiden Intensitätsstufen den negativen Ertragstrend durch Resistenzverluste direkt zu schätzen. Allerdings ist die Annahme

einer vollständigen Kompensation von Resistenzverlusten durch Pflanzenschutzmaßnahmen vermutlich keine realistische Annahme.

Im Fall von Weizen gibt es allerdings eine sehr interessante Untersuchung von Ahlemeyer und Friedt (2011), die hier weiterhelfen kann. Die Autoren haben alte und neue Weizensorten gemeinsam in einer Versuchsserie in drei Jahren mehrortig geprüft. Diese Daten liefern eine direkte Information über den rein genetischen Trend, der als frei von nicht-genetischen Einflüssen betrachtet werden kann. Bei den überwiegend alten Sorten kann außerdem davon ausgegangen werden, dass ein möglicher Verlust von Resistenzeigenschaften weitgehend abgeschlossen ist.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Trends für Ertrag bei Weizen nach Regressionsansatz in Piepho et al. (2014) in Wertprüfungsdaten und nach Ahlemeyer & Friedt (2011).

| | Trend | |
|--------------------|---|---|
| | Genetisch (dt ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) | Nicht-genetisch (dt ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) |
| Intensität 1 | 0,82 | -0,20 |
| Intensität 2 | 0,53 | 0,16 |
| Ahlemeier & Friedt | 0,34 | - |

Unser Regressionsansatz liefert die in Tabelle 1 gezeigten Trends. Der genetische Trend ist bei den Intensitäten 1 und 2 in den Wertprüfungen deutlich höher als bei der Studie von Ahlemeyer und Friedt (2011). Dagegen ist der nicht-genetische Trend nur schwach und im Fall der Intensität 2 sogar leicht negativ. Die Anbaubedingungen bei Ahlemeyer und Friedt (2011) entsprechen der Intensität 2, so dass geschlossen werden kann, dass in den Wertprüfungen ein Trend von $0,34 - 0,53 = -0,19 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auftritt, der allein durch Resistenzverluste verursacht wird. Um diesen Wert wird der genetische Trend in den Wertprüfungen überschätzt, während der nicht-genetische um denselben Betrag überschätzt wird. Hieraus kann abgeleitet werden, dass nach Abzug des Effektes durch Resistenzverluste der wahre genetische Trend $\beta = 0,34 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ beträgt und der nicht-genetische Trend $\gamma = 0,16 + 0,19 = 0,35 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Beide Trendkomponenten sind also etwa gleich groß.

Literatur

- Ahlemeyer, J., Friedt, W. (2011): Progress in winter wheat yield in Germany – What's the share of the genetic gain? pp. 19-23. In: 61. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs.
- Mackay, I.J., Horwell, A., Garner, J., White, J., McKee, J., Philpott, H. (2011) Reanalysis of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over time. *Theoretical and Applied Genetics* **122**, 225-238
- Piepho, H.P., Laidig, F., Drobek, T., Meyer, U. (2014): Dissecting genetic and non-genetic sources of long-term yield trend in German official variety trials. *Theoretical and Applied Genetics* **127**, 1009-1018 (Erratum: 127: 1679).
- Schuster, W.H. (1997): Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Leistungssteigerung von Kulturpflanzen. *Pflanzenbauwissenschaften* **1**, 9-18.

Einfluss von Hydro-/Biokohle auf das Wurzelwachstum von Sommerweizen

Katharina Reibe¹, Christina-Luise Roß¹, Klaus-Peter Götz², Thomas F. Döring¹
und Frank Ellmer¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker-und Pflanzenbau, Berlin;

²Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Agrarklimatologie, Berlin.

E-Mail: katharina.reibe@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Kohlenstoff spielt in der Landwirtschaft nicht nur in Bezug auf den Klimawandel, sondern auch für die Verbesserung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit eine entscheidende Rolle. Ein möglicher Weg zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und zur gleichzeitigen längerfristigen Bindung von Kohlenstoff ist der Einsatz von Biokohlen (Lehmann *et al.*, 2006). Biokohle ist das Produkt des thermischen Abbaus von trockenen organischen Materialien (z.B. Pflanzenrückstände, organische Abfälle) unter Ausschluss von Sauerstoff (Pyrolyse). Ein alternatives Produkt mit ähnlichen Funktionen ist Hydrokohle, welche durch die Hydrothermale Carbonisierung (HTC) entsteht, die auch feuchte organische Materialien zu einem kohlenstoffreichen Produkt umwandeln kann (Libra *et al.*, 2010). Zur Wirkung verschiedener Kohlen (Biokohlen und Hydrokohlen) im System Boden-Pflanze ist bislang wenig hinsichtlich der Effekte auf das Wurzelwachstum bekannt. Prendergast-Miller *et al.* (2014) fanden, dass Pflanzenwurzeln in die Biokohle wachsen und diese besiedeln.

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Quantifizierung der Wirkungen von zwei unterschiedlichen Biokohlen aus Maissilage (Pyro) und Siebresten der Holzhackschnitzelproduktion (Pyreg) und einer Hydrokohle aus Maissilage (HTC) zu auf die Wurzelentwicklung von Sommerweizen einem sandigen Boden mittels Rhizoboxversuchen.

Material und Methoden

Es wurden zwei Rhizoboxversuche angelegt, in denen jeweils 21 kg gesiebter Boden mit den verschiedenen Kohlen (Pyro, Pyreg, HTC) gemischt wurde, um den Kohlenstoffgehalt des Bodens von 0,73 % im ersten Experiment und 0,45 % im zweiten Experiment auf 1,0 % zu erhöhen. Die Kontrolle erhielt keine Kohle und jede Behandlung wurde dreifach wiederholt. In den für die Versuche verwendeten Rhizoboxen (Schütt Labortechnik GmbH, Deutschland) waren die Wurzelbereiche von dem Boden bzw. Boden-Kohle-Gemisch durch zwei Stücke Nylongaze (1µm Maschenweite), eingespannt in zwei Plexiglasrahmen, getrennt. In jede Rhizobox wurden zwei Sommerweizenkeimlinge zwischen Nylongaze eingesetzt. Diese wurde im ersten Experiment zum Zeitpunkt Beginn der Blüte (BBCH:61) und im zweiten zum Zeitpunkt Bestockung (BBCH:21-23) geerntet. Die Wurzeln wurden gescannt.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Rhizoboxversuch wurden die Spross- und Wurzeltrockenmassen signifikant positiv durch die Pyro-Kohle beeinflusst (Tabelle 1). Die HTC-Kohle begünstigte tendenziell ebenfalls das Wurzelwachstum sowie die Entwicklung der Pflanzen. Im zweiten Rhizoboxversuch beeinflusste die Pyro-Kohle die Wurzelentwicklung signifikant positiv. Die HTC-Kohle wirkte sich hingegen

tendenziell negativ auf das Spross- und Wurzelwachstum aus. Die Wurzeloberfläche wurde durch die HTC-Kohle im Vergleich zu Pyro- und Pyreg-Kohle signifikant negativ beeinflusst.

Tabelle 1: Sprosstrockenmasse und Wurzelparameter von Sommerweizen im Boden (Kontrolle) und Boden gemischt mit Kohle (Pyro, HTC, Pyreg). Mittelwerte \pm SD

| Eigenschaften | | Kontrolle | Pyro | HTC | Pyreg |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Experiment (Blühbeginn) | | | | | |
| Sprosstrockenmasse | g | 1,17 \pm 0,30 ^b | 2,12 \pm 0,31 ^a | 1,85 \pm 0,31 ^a | 1,27 \pm 0,23 ^b |
| Wurzeltrockenmasse | g | 0,43 \pm 0,08 ^b | 0,61 \pm 0,09 ^a | 0,46 \pm 0,08 ^{ab} | 0,38 \pm 0,08 ^b |
| Wurzellänge | cm | 2758 \pm 418 ^{ab} | 3063 \pm 395 ^a | 3042 \pm 388 ^a | 2249 \pm 228 ^b |
| Wurzeloberfläche | cm ² | 549 \pm 118 ^a | 720 \pm 94 ^a | 651 \pm 94 ^a | 569 \pm 67 ^a |
| 2. Experiment (Bestockung) | | | | | |
| Sprosstrockenmasse | g | 0,06 \pm 0,03 ^{ab} | 0,10 \pm 0,03 ^a | 0,03 \pm 0,01 ^b | 0,06 \pm 0,02 ^{ab} |
| Wurzeltrockenmasse | g | 0,03 \pm 0,02 ^b | 0,07 \pm 0,02 ^a | 0,03 \pm 0,01 ^b | 0,04 \pm 0,03 ^{ab} |
| Wurzellänge | cm | 780 \pm 238 ^a | 1126 \pm 194 ^a | 391 \pm 58 ^b | 1069 \pm 306 ^a |
| Wurzeloberfläche | cm ² | 141 \pm 44 ^{ab} | 206 \pm 32 ^a | 70 \pm 9 ^b | 182 \pm 77 ^a |

Unterschiedliche Buchstaben in der Reihe kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P \leq 0.05$).

Sowohl durch die unterschiedlichen Erntezeitpunkte als auch durch die verschiedenen Kohlemengen können die Unterschiede zwischen den beiden Experimenten, vor allem in der Wirkung der HTC-Kohle, erklärt werden. In der Literatur ist eine negative Wirkung von Hydrokohle in Verbindung mit geringer Stickstoffgabe auf Zuckerrüben beschrieben (Gajic, 2011).

Die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Kohlen die Entwicklung von Sommerweizen unterschiedlich beeinflussen und deshalb vor allem die Hydrokohle vor der Zugabe zum Boden gezielt untersucht werden muss.

Literatur

- Gajic, A., H.-J. Koch, 2011. Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Growth Reduction Caused by Hydrochar Is Related to Nitrogen Supply. *Journal of Environmental Quality* 41, 1067-1075.
- Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., 2006. Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation Adaption Strategie of Global Change* 11, 395-419.
- Libra, J.A., Ro, K.S., Kammann, C., Funke, A., Berge, N.D., Neubauer, Y., Titirici, M.-M., Fühner, C., Bens, O., Kern, J., Emmerich, K.-H., 2010. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels* 2, 71-106.
- Prendergast-Miller, M.T., Duvall, M., Sohi, S.P., 2014. Biochar–root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. *European Journal of Soil Science* 65, 173-185.

Danksagung

Das Projekt wird von der Leibniz-Gemeinschaft im Rahmen des Paktes für Forschung und Innovation (SAW) gefördert.

Auftreten von Fusariumpilzen und Mykotoxinen bei Körnermais in Österreich

Klemens Mechtler¹, Elisabeth Reiter², Marc Lemmens⁴,
Sabrina Scheriau³, Hans Felder¹

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, ¹Inst. für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Wien; ²Inst. für Tierernährung und Futtermittel, Linz; ³Fachbereich Integrative Risikobewertung Daten und Statistik, Graz; ⁴ Interuniversitäres Department für Agrarbiologie der Universität für Bodenkultur, Tulln. E-Mail: klemens.mechtler@ages.at

Einleitung

Angesichts der gesundheitlichen Risiken, die von Mykotoxinen für Mensch und Tier ausgehen (Miedaner, 2012, Dorn et al. 2009), sind für jede Nutzungsrichtung von Körnermais möglichst mykotoxinarme Rohstoffpartien erwünscht. Die aktuelle Kenntnis der *Fusarium*-Artenverteilung und der Mykotoxinbelastung im Maisanbaugebiet sind dafür wichtige Voraussetzungen. Im Projekt KOFUMA (Optimierung der Sortenbewertungsmethode für Kolbenfusariose bei Mais in Österreich, gefördert vom BMLFUW) wurden nunmehr umfangreiche Untersuchungen zu *Fusarium*-Arten und ihrer Mykotoxine in Körnermais durchgeführt.

Material und Methoden

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden die Versuchsserien des zweiten Wertprüfungsjahres mit jährlich 33 Standorten und über 100 Prüf- und Vergleichssorten aller Reifegruppen sowie die Sortenversuche der Landwirtschaftskammern mit zwölf Standorten sortenspezifisch für die Mykotoxinanalyse beprobt und mittels ELISA-Test analysiert (jährlich ca. 1100 Proben). Die Untersuchung auf Deoxynivalenol (DON) erfolgte bei allen Proben, die auf Zearalenon (ZEA) und Fumonisine (FUM) nur bei Proben von ausgewählten Standorten (ca. 60% bzw. 30%). *Fusarium*-Arten wurden im gleichen Zeitraum an jährlich ca. 800 bis 1100 Kornproben aus den Befallsstellen von Kolben aus der Sortenwertprüfung mittels der artspezifischen morphologischen Merkmale und bei Bedarf mit Hilfe spezies-spezifischer PCR (Spanic et al., 2010) bestimmt. Unterschiede in der Artenverteilung zwischen den Standorten wurden für alle möglichen Standortpaare (unabhängig von der Region, aber nur innerhalb eines Jahres) anhand des Bray-Curtis-Unähnlichkeitsmaß untersucht. Werte nahe 0 weisen auf eine sehr ähnliche *Fusarium*-Artenverteilung, Werte nahe 1 auf eine stark unterschiedliche Artenverteilung des betrachteten Standortpaares hin. Hinsichtlich der Verteilung wurden die drei Hauptanbaugebiete, das Nordalpine Feuchtgebiet, Pannonikum sowie das Illyrikum betrachtet. Der Jahres- und Regionseinfluss auf das Unähnlichkeitsmaß bzw. auf die Mykotoxingehalte wurden mit einem Linearen Gemischten Modell bzw. mit robusten Testverfahren überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Fusarium-Arten: Jahresunterschiede in der Häufigkeit des Auftretens waren sowohl über das Gesamtgebiet als auch innerhalb der Regionen gegeben. *F. subglutinans* und *F. proliferatum* waren aber in allen drei Jahren vorherrschend, gefolgt von *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. sporotrichoides* oder *F. poae*. In nur geringer

Häufigkeit wurden *F. avenaceum* und *F. cerealis* festgestellt. Weitere *Fusarium*-Arten wie *F. equiseti*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. tricinctum*, *F. semitectum* oder *F. culmorum* wurden in geringerem Umfang gefunden. *F. solani* wurde dabei in Österreich erstmals an Körnermais festgestellt. Auch auf regionaler Ebene waren *F. subglutinans* und *F. proliferatum* jeweils am häufigsten vertreten, wenn auch mit größeren Schwankungen über die Jahre. Region und Jahr konnten als signifikante

Tabelle 1: *Fusarium*-Arten auf Körnermais in Österreich, 2011 bis 2013, Anteile in %

| <i>Fusarium</i> -Art | 2011 | 2012 | 2013 |
|----------------------------|------|------|------|
| <i>F. subglutinans</i> | 35 | 47 | 19 |
| <i>F. proliferatum</i> | 26 | 17 | 30 |
| <i>F. verticillioides</i> | 9 | 6 | 11 |
| <i>F. graminearum</i> | 9 | 4 | 4 |
| <i>F. sporotrichioides</i> | 2 | 3 | 3 |
| <i>F. poae</i> | 1 | 3 | 3 |
| <i>F. avenaceum</i> | 2 | 1 | 1 |
| <i>F. cerealis</i> | 2 | 1 | 1 |
| Weitere <i>Fusarien</i> | 1 | 2 | 4 |
| Mischinfektionen | 7 | 10 | 12 |
| Kein <i>Fusarium</i> | 6 | 6 | 12 |
| Anzahl Kornproben | 790 | 1045 | 1210 |

Einflussfaktoren zum Niveau 0.05 für die Bray-Curtis-Unähnlichkeiten identifiziert werden. Die Interaktion zwischen Jahr und Region hatte keinen signifikanten Einfluss. Im Vergleich zu früheren *Fusarium*-Bestimmungen (Lew 1993, Lew et al., 2001, Adler et al., 2009) ergibt sich eine Verschiebung im Artenspektrum von *F. graminearum* hin zu *F. subglutinans* und *F. proliferatum*.

Mykotoxinauftreten: Bei den Toxinwerten bleibt jedoch DON trotz abnehmender Häufigkeit von *F. graminearum* weiterhin dominierend. Jahres-, Regions- und Interaktionseffekte waren bei DON signifikant. In allen Jahren ist der DON-Medianwert in der Region „Nordalpin“ höher als in der trockeneren Region „Pannonikum“. Im Jahr 2012 wird der höchste Medianwert für DON im Illyrikum erreicht. Auch bei den ZEA-Gehalten gibt es signifikante Unterschiede zwischen Jahren und Regionen, obwohl die ermittelten Gehalte und damit auch die Medianwerte meist an der Nachweisgrenze lagen. Der mittlere ZEA-Gehalt war dabei im Nordalpinen Feuchtgebiet jeweils höher als in den anderen Regionen. Die FUM-Gehalte wurden überwiegend nur in den wärmeren Anbaulagen analysiert, wobei ein signifikanter Jahreseinfluss festgestellt wurde. Differenzen zwischen den Regionen wurden hier wegen der dadurch unausgeglichene Datenlage nicht untersucht.

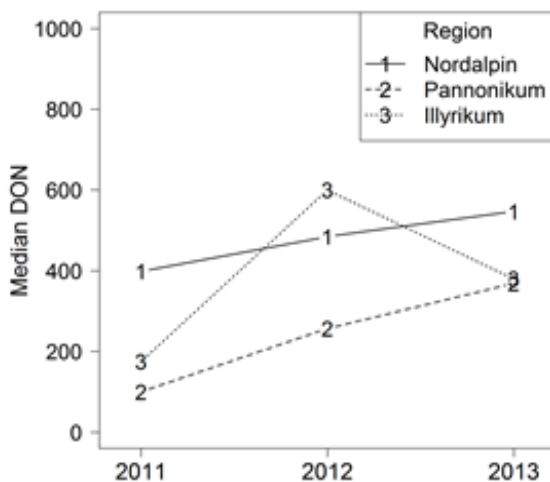


Abb. 1: Interaktionsplot der DON-Gehalte (µg/kg) für 2011 bis 2013 und für drei Regionen

Literatur

- Adler, A. & Kiroje, P., 2009: ALVA-Mitteilungen Hft. 7, 103-108.
 Bray J. R. & Curtis, J. T., 1957: Ecological Monographs 27, 325-349.
 Dorn, B., Forrer, HR., Schürch, S. & Vogelsang, S., 2009: Agrarforschung 16 (7) 232-237.
 Lew, H., 1993: Veröffentlichungen der BA für Agrarbiologie Linz/Donau 21, 5-26.
 Lew, H., Adler, A., et al. 2001: Die Bodenkultur 52, 199-207.
 Miedaner, T., 2012: Mykotoxine in Weizen und Mais, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
 R Core Team, 2013: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
 Spanic, V., Lemmens, M. & G. Drezner, 2010: Eur J Plant Pathol (2010) 128, 511–516.

Der Einfluss von regionalen Faktoren auf die Wahl von Feldfrüchten und Fruchtfolgen

Susanne Stein, Horst-Henning Steinmann

Georg-August Universität Göttingen, Göttingen. E-Mail: Susanne-Stein@zentr.uni-goettingen.de

Einleitung

Die Fruchtfolge als zentrales Instrument des integrierten Pflanzenbaus ist ein wichtiger Baustein von Landnutzungsmodellen (Schönhart et al., 2011; Leteinturier et al., 2006). Für Niedersachsen ist nun erstmals die Auswertung flächendeckender Anbaudaten einer Jahresreihe und die Darstellung der aktuellen Fruchtfolgepraktiken möglich.

Ziel der Analyse ist es, den Zusammenhang zwischen identifizierten Fruchtfolgemustern und regionalen Faktoren zu untersuchen. Grundsätzlich legen erste Auswertungen der niedersächsischen Fruchtfolgemuster nahe, dass Fruchtfolgen im klassischen Sinne nur noch selten praktiziert werden. Vielmehr scheinen Landwirte mit der Wahl der Feldfrüchte flexibel auf äußere Umstände zu reagieren, was zu einer Vielzahl von Kombinationen der Feldfrüchte führt. Dieser starken Diversität der Fruchtfolgen steht eine zunehmende Dominanz weniger Feldfrüchte gegenüber (Steinmann & Dobers, 2013).

Vor dem Hintergrund, dass die Maisanbaufläche in Niedersachsen zwischen 2005 und 2012 von 19% auf 32% der Ackerfläche angestiegen ist (LSKN, 2012), wird ein besonderer Fokus auf die maisdominierten Fruchtfolgen gelegt.

Material und Methoden

Der Untersuchung liegen Anbaudaten für die Jahre 2005 bis 2012 auf Schlägebene zugrunde. Es standen pro Jahr ca. 900 000 Anbaudaten zur Verfügung. Neben der Auswertung tatsächlicher Fruchtfolgemuster werden die Anbauhäufigkeit einzelner Früchte über die Zeit sowie die Vorfrucht-Nachfruchtbeziehungen untersucht. Die starke räumliche Dependenz der Fruchtfolgemuster erfordert eine Gegenüberstellung mit raumerklärenden Faktoren (Ertragspotenzial, Bodenkörnung, Jahresniederschlag, Viehbestandsdichteindex, durchschn. Betriebsgröße, Landschaftsstrukturindex). Als Datengrundlage für die verwendeten naturräumlichen und ökonomischen Faktoren dienen durch öffentliche Stellen erhobene Daten und online verfügbare Datenbanken (LBEG Niedersachsen; European Soil Portal). Diese liegen flächendeckend, jedoch in unterschiedlicher räumlicher Auflösung vor. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden alle Datensätze auf ein 1x1km-Raster übertragen.

Ergebnisse und Diskussion

Auf 8.6% der Ackerfläche wurde Mais über den gesamten Untersuchungszeitraum ohne Unterbrechung angebaut. In einigen niedersächsischen Gemeinden mit hoher Viehdichte stand diese Kultur sogar auf über 1/3 der Ackerflächen sechs Jahre in Folge. Maisdominierte Fruchtfolgen sind zu 75% auf Schlägen mit niedrigem Ackerbaulichen Ertragspotenzial zu finden. Zudem geht mit zunehmender Maisdichte in den untersuchten Jahren eine tendenzielle Abnahme der Betriebsgröße einher. Der Zusammenhang von Maisanbauintensität und Landschaftsstrukturdichte ist

schwach positiv, d.h. Fruchtfolgen mit hohem Maisanteil finden sich tendenziell eher in überdurchschnittlich mit Biotopen ausgestatteten Regionen.

Die Kombination von Vor- und Nachfrucht wird in Niedersachsen besonders stark durch die bodenbeschreibenden Variablen und die Lage in Veredlungsregionen bestimmt. Dies lässt sich am Beispiel von Winterraps zeigen (Abb. 1). In den klassischen Ackerbauregionen Niedersachsens wird Winterraps fast ausschließlich mit Wintergetreiden kombiniert. In Veredlungsregionen, in denen Raps eine untergeordnete Rolle spielt, sind dessen Nachfrüchte weitaus variabler. In diesen Regionen bilden Kombinationen von Mais und Wintergetreide die meist verbreitetsten Fruchtfolgemuster.

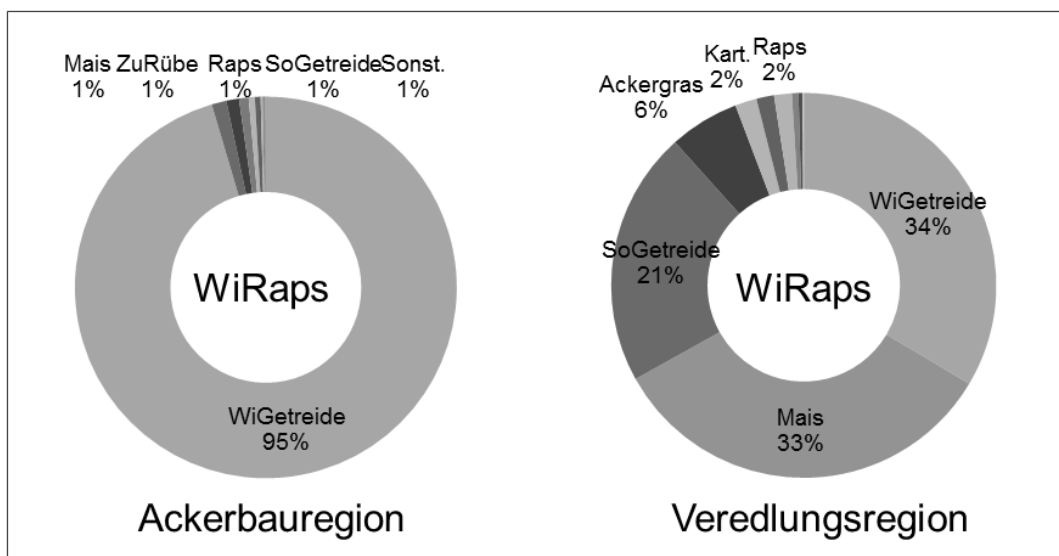


Abb. 1: Vorfrüchte von Winterraps in Ackerbau- und Veredlungsregionen nach ihrem Anteil an den gesamten Vorfrüchten von Winterraps.

Trotz der Fülle freier Fruchtfolgen, die sich einer Systematisierung zu entziehen scheinen, ist doch eine regional spezifische Wahl an kombinierten Früchten und eine Orientierung an grundsätzlichen Fruchtfolgeregeln (Blattfrucht-Halmfrucht-Kombinationen) erkennbar. Regionen mit reinen Mais-Wintergetreide-Folgen bergen unter Umständen phytosanitäre Risiken. Für eine gezieltere Bewertung sollten Informationen zu Zwischenfruchtanbau und Bodenbearbeitung einbezogen werden, die bisher allerdings nicht in entsprechender räumlicher Auflösung zur Verfügung stehen.

Literatur

- Leteinturier, B., Herman, J.L., de Longueville, F., Quintin, L., Oger, R. (2006). Adaptation of crop sequence indicator based on a land parcel management system. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112: 324-334.
- LSKN (Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie in Niedersachsen)(2012). Diverse statistische Daten auf Nachfrage erhalten bzw. online unter: http://www.lskn.niedersachsen.de/live/live.php?&article_id=87564&navigation_id=25698&psmand=40.
- Schönhart, M., Schmidt, E., Schneider, U.A., (2011). CropRota - A crop rotation model to support integrated land use assessments. *Europ. J. Agron.*, 34: 263-277.
- Steinmann, H.-H., Dobers, S. (2013). Spatio-temporal analysis of crop rotations and sequence patterns in Northern Germany: potential implications on plant health and crop protection. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120 (2): 85-94.

Kornertrag und Qualität von Wintertriticale und Futterweizen im direkten Vergleich

Michael Oberforster und Manfred Werteker

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien.
E-Mail: *michael.oberforster@ages.at*

Einleitung

Landwirte stehen vor der Entscheidung, ob sie Triticale oder Weizen zur Verfütterung anbauen sollen. Bei innerbetrieblicher Nutzung müsste Triticale ähnliche Leistungen wie Futterweizen erbringen. Teile der Ernte gelangen für Futterzwecke oder zur Erzeugung von Ethanol auf den Markt.

Material und Methoden

Jahre, Standorte: Von 2007/08 bis 2012/13 wurden Wintertriticale und Winterweizen in 22 Versuchen gemeinsam angebaut. Die Standorte liegen im östlichen Alpenvorland (Grabenegg, Bez. Melk), im westlichen Alpenvorland (Ritzlhof, Bez. Linz-Land; Bad Wimsbach-Neydharting, Bez. Wels) und im Waldviertel (Schönfeld, Bez. Zwettl). Die Saat erfolgte zwischen 22.9. und 25.10. mit 280 bis 300 keimfähigen Körnern/m².

Versuchsdesign, Pflanzenmaterial: Jeweils 8 Prüfglieder wurden in Spaltanlagen mit 3- bis 4-facher Wiederholung angelegt. Getreideart (2 Stufen) und Fungizidbehandlung (2 Stufen) bildeten die Großparzellen, darin waren die Sorten (2 Stufen) randomisiert. Die Parzellenfläche variierte von 9,6 bis 11,8 m². Das Sortiment wurde im Prüfzeitraum teilweise abgeändert. Es handelte sich um Cosinus, Mungis, Polego und Triamant (Triticale) bzw. Hewitt, Mulan und Winnetou (Weizen).

Stickstoffdüngung, Fungizide: Beide Getreidearten erhielten dieselbe Stickstoffmenge, abhängig von der Bodenbonität und dem Pflanzenbestand 78 bis 173 kg N/ha in zwei bis drei Gaben. In der Behandlungsvariante wurden 1,0 l/ha Juwel Top (2008), 1,0 l/ha Prosaro (2009-2011) bzw. 1,0 l/ha Aviator Xpro (2012-2013) gegen Abreifekrankheiten eingesetzt (einmalige Applikation). Der Anwendungstermin war der Pflanzenentwicklung und Krankheitsdynamik angepasst.

Qualitätsmerkmale: Das Tausendkorngewicht wurde nach EBC, das Hektolitergewicht nach Methode ISO 7971-2, der Proteingehalt nach Dumas (ICC-Standard Nr. 167; Faktor 6,25 für Triticale, Faktor 5,7 für Weizen), der Stärkegehalt nach Ewers gemäß RL 72/199/EWG idgF. und die Fallzahl gemäß ICC-Standard Nr. 107/1 bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleiche von Pflanzenarten verursachen Probleme, wenn deren zeitliche Entwicklung und Ansprüche stärker divergieren. Spezifisch gesetzte agronomische Maßnahmen können Aussagen ebenso erschweren wie die fehlende Beachtung von Unterschieden. Eine Methodik, welche Kompromisse zwischen den Erfordernissen der Arten sucht (z.B. hinsichtlich Aussattermin, Aufwand an Düngestickstoff) und einzelne Maßnahmen individuell gestaltet (z.B. den Zeitpunkt der Fungizidapplikation), erscheint am geeignetsten. An den Orten des Alpenvorlands erbrachte Triticale durchschnittlich um 7 bis 9 % (ohne Fungizid) bzw. um 2 bis 8 % (mit Fungizid) höhere Kornerträge als Weizen. Am Standort Schönfeld war Triticale

im Mittel um 10 % überlegen. Noch größere Differenzen erzielten Karpenstein-Machan und Heyn (1992), während Tabl und Kiss (1983) über teils gravierende Ertragsdefizite von Triticale berichten. In Abhängigkeit von der Schädigung durch Schneeschimmel oder Kahlrost, der Niederschlagsverteilung in der Vegetationsperiode, dem Krankheitsbefall und der Lagerbelastung treten jedoch Wechselwirkungen auf. Von dem zwischen BBCH 37 und BBCH 49 angewandten Fungizid profitierte Triticale mit +6,9 dt/ha bzw. +7 % tendenziell weniger als Weizen (+9,4 dt/ha bzw. +11 %).

Die Kornausbildung von Triticale konnte auf züchterischem Wege verbessert werden. Neuere Sorten sind von der Kornschumpfung nicht mehr in dem Maße betroffen. Dennoch lag das Hektolitergewicht mit 71,5 bzw. 72,3 kg im Mittel um 4,0 kg unter jenem von Weizen (Tabelle 1). Der bei Ethanoltriticale geforderte Mindestwert von 67 kg (Basis 70 kg) wurde vereinzelt nicht erreicht. Im Proteingehalt wurde Weizen im Mittel um -0,5 % nicht signifikant verfehlt. Hinsichtlich Stärkegehalt und Ethanolausbeute gelten die beiden Arten als weitgehend gleichwertig. Die schwächere Standfestigkeit von Triticale, die höhere Neigung zu Auswuchs und die größere Gefährdung durch den Mutterkornpilz können nachteilig sein.

Bei innerbetrieblicher Verwertung wird Triticale dank seines hohen Ertragspotenzials trotzdem oft bevorzugt. Beim Verkauf bleiben die Erzeugerpreise von Triticale je nach Marktverhältnissen bis zu 10 €/t unter dem Niveau von Futterweizen. Hingegen ist kontrahiertes Ethanoltriticale ab der Ernte 2014 dem Ethanolweizen preislich angeglichen und damit wettbewerbsfähiger.

Tab. 1: Kornertrag und Qualität von Wintertriticale im Vergleich mit Winterweizen (Mittel aus 22 Versuchen von 2008 bis 2013, jeweils 2 Triticale- und Weizensorten)

| Getreideart / Variante | Tausend- Hekto- | | | | | |
|------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|
| | Korn- ertrag, Rel. % | korn- gewicht, g (TS.) | liter- gewicht, kg | Roh- protein, % | Stärke- gehalt, % (TS.) | Fall- zahl, s |
| Versuche | 22 | 22 | 22 | 22 | 5 | 10 |
| Wintertriticale | | | | | | |
| Ohne Fungizid | 100 ^{ab} | 38,5 ^{ab} | 71,5 ^a | 11,7 ^a | 68,7 ^a | 142 ^a |
| Mit Fungizid | 107 ^a | 40,1 ^a | 72,3 ^a | 11,6 ^a | 69,0 ^a | 121 ^a |
| Winterweizen | | | | | | |
| Ohne Fungizid | 91 ^b | 34,4 ^c | 75,1 ^b | 12,2 ^a | 69,2 ^a | 285 ^b |
| Mit Fungizid | 102 ^a | 37,6 ^b | 76,6 ^b | 12,1 ^a | 69,0 ^a | 266 ^b |
| Mittel, 100=...dt/ha | 90,4 | | | | | |

Werte mit verschiedenen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant bei $P < 0,05$ (Tukey-Test)

Literatur

- Karpenstein-Machan M., Heyn J. 1992: Die Ertragsbildung der Wintergetreidearten Triticale und Weizen auf klimatischen Grenzstandorten Nordhessens. *Agrobiol Res* 45, 1, 88-96.
- Tabl M.M., Kiss Á. 1983: Chemical and quality characters of triticale and wheat at two plant densities and different levels of nitrogen fertilizer. *Cereal Res Commun* 11, 3-4, 275-281.

Biomassepotential eines Agroforstsystems aus Grünland und Weiden zur energetischen Verwertung

M. Ehret, R. Graß, M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, E-Mail: m.ehret@uni-kassel.de

Einleitung

Agroforstsysteme können als diverse Systeme Biomasse bereitstellen und gleichzeitig wichtige Ökosystemfunktionen erfüllen. Daher untersuchte die vorliegende Studie im Rahmen des BEST-Verbundprojektes (best-forschung.uni-goettingen.de) ein Agroforstsystem aus Grünland und Weiden im Kurzumtrieb hinsichtlich des Energiepotentials.

Material und Methoden

Die Studie wurde auf einem Ackerstandort in Südniedersachsen im Landkreis Göttingen (51° 24'2.466"N and 9° 59'20.179"E) von 2011–2013 durchgeführt. Zwei verschiedene Grünlandansaatn (Klee gras und eine diversitätsorientierte Mischung mit 32 Arten) wurden in einer Split-Plot Anlage mit drei Wiederholungen im Wechsel mit Weiden-Streifen angelegt. Die Kleinteilstücke umfassen zwei Düngungs- (0 und 100 kg N ha⁻¹) und Nutzungsstufen (2- und 3-Schnittnutzung). Es wurden drei verschiedene Konversionstechnologien für Grünlandbiomasse geprüft: das Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB), die Ganzpflanzenvergärung (GPV) und die Heuverbrennung. Das IFBB-Verfahren wurde an der Universität Kassel mit dem Ziel entwickelt, Grünlandbiomasse aus extensivem Management durch hydrothermale Konditionierung und mechanische Entwässerung zu Biogas und zu einem Festbrennstoff effizient umzuwandeln (Wachendorf et al. 2009). Nach der Auswertung der Konversionstechnologien für das Grünland wurden drei verschiedene Systeme hinsichtlich der Bruttoenergieerträge verglichen: Grünland in Reinkultur (GL), Agroforstsystem aus Grünland und Weiden (AF), Weiden im Kurzumtrieb (KUP). Trockenmasseerträge sowie Energieerträge des Grünlandtyps wurden aus dem Mittel aller Varianten berechnet. Das vierte Jahr basiert auf extrapolierten Daten.

Ergebnisse und Diskussion

In allen Vegetationsperioden erzielte Klee gras die höchsten Trockenmasseerträge im Vergleich zur diversitätsorientierten Mischung. Eine Düngung hatte positive Auswirkungen auf den Ertrag bei allen Behandlungen. Im Jahr 2013 lagen die Biomasseerträge bei 5 bis 10 t TM ha⁻¹ a⁻¹. Die diversitätsorientierte Mischung lieferte höhere Erträge in der 2-Schnitt-Nutzung. Abb. 1 zeigt den Vergleich drei verschiedener Anbausysteme hinsichtlich der Bruttoenergieerträge unter Anwendung des IFBB-Verfahrens für die Grünlandbiomasse. GL wies die höchsten Erträge nach vier Jahren (133 MWh ha⁻¹) auf, gefolgt von AF mit 96 MWh ha⁻¹. KUP erzielte 20 MWh ha⁻¹ nach vier Jahren, was in den niedrigen Erträgen während der Etablierungsphase begründet ist.

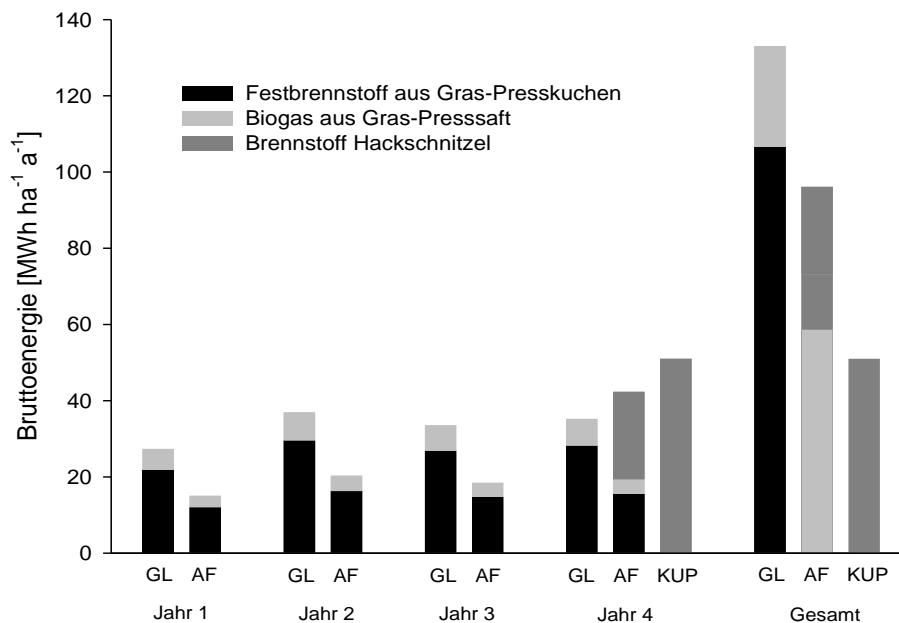


Abb. 1 Bruttoenergieerträge von Grünland in Reinkultur (GL), Agroforstsystem aus Grünland und Weiden (AF), Weiden im Kurzumtrieb (KUP) über eine Zeitspanne von vier Jahren nach der Etablierung

Agroforstsysteme aus Grünland kombiniert mit schnellwachsenden Weiden liefern zeitlich unterschiedliche Ertragskomponenten, was die Ertragsstabilität fördern und Risiken des Ernteausfalls mindern könnte. Mittels des IFBB-Verfahrens werden biogene Festbrennstoffe sowie Biogas aus Gras produziert, die zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden können. Nach jüngsten Untersuchungen zeigte das IFBB-Verfahren verglichen mit weiteren Konversionstechnologien Überlegenheit im Hinblick auf die Energieeffizienz (Bühle et al. 2012). Jedoch ist für eine abschließende Bewertung der Energieeffizienz eines Agroforstsystems aus Grünland und Weiden eine Ökobilanzierung des gesamten Produktionssystems (z.B. hinsichtlich der Primärenergie- und Treibhausgaseinsparungen) erforderlich.

Literatur

BÜHLE L, HENSGEN F, DONNISON I, HEINSOO K, WACHENDORF M (2012) Life cycle assessment of the integrated generation of solid fuel and biogas from biomass (IFBB) in comparison to different energy recovery, animal-based and non-refining management systems. *Bioresour. Technol.* 111, 230-239

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 hydrothermic conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. *Grass and Forage Science* 64/2: 132-143

Auswirkungen agroforstlicher Kurzumtriebswirtschaft auf das Bodenerosionspotential und den Kohlenstoffhaushalt südbrandenburgischer Ackerstandorte

Christian Böhm, Michael Kanzler und Dirk Freese

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus; E-Mail: *boehmc@b-tu.de*

Einleitung

In der Region Südbrandenburg herrschen ertragsschwache, sandige Böden vor, die von Natur aus ein geringes Wasserhaltevermögen und ein hohes Degradationspotential durch Winderosion aufweisen. Zudem existiert hier ein vergleichsweise großer Flächenanteil an strukturarmen, großflächigen Bergbaufolgelandschaften, die sich zumeist durch eine geringe Standortsgüte auszeichnen. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus verschiedenen Studien vorgestellt, in denen untersucht wurde, ob und in welchem Ausmaß durch im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agroforstsysteme die Anfälligkeit dieser Ackerstandorte gegenüber Winderosion gemindert und die im Boden bzw. Kippensubstrat vorhandene Menge an organischer Substanz erhöht werden kann.

Material und Methoden

Die Datenerhebung erfolgte auf zwei Versuchsstandorten (V1 und V2). Bei V1 handelt es sich um eine Rekultivierungsfläche des Braunkohletagebaus Welzow-Süd; V2 befindet sich in einem intensiv genutzten Ackerbaugebiet nahe des Flusses Neiße. Auf beiden, ca. 25 km von Cottbus entfernten Standorten, wurden Agroforstsysteme etabliert, die sich aus alternierenden, Nord-Süd-ausgerichteten Gehölz- und Ackerfruchtstreifen zusammensetzen. Weitere Angaben enthält Tab. 1.

Tab. 1: Kenndaten der Versuchsstandorte 1 und 2

| Parameter | V1 | V2 |
|---|---------------------------------|-------------------------|
| Größe [ha] | 18 | 40 |
| Bodentyp / dominierende Bodenarten | Kippen-Regosol / Ss, Su2, St2 | Gley-Vega / Sl2, Su3 |
| Etablierung des Agroforstsystems [Jahr] | 2007 | 2010 |
| Baumart / Klon | Robinie | Robinie, Pappel / Max |
| Pflanzdichte [Bäume ha ⁻¹ Gehölzfläche] | 9.200 | 8.700 |
| Anzahl der Doppelbaumreihen je Gehölzstreifen | 4 | 4 |
| Breite der Gehölzstreifen inkl. 0,80 m Pufferbereich an beiden Seiten [m] | 10,00 | 10,00 |
| Umtriebszeit [Jahre] | 5, 6 | 5 |
| Breite der Ackerstreifen [m] | 24 | 24, 48, 96 |
| Ackerfrucht während Datenerhebung | 4a Luzerne, Hafer, Winterroggen | Kartoffel, Winterweizen |

Die Windgeschwindigkeitsmessungen erfolgten kontinuierlich mittels Anemometer (Ø im 10 min Intervall) 1 m über der Bodenoberfläche am V2. Die Anemometer wurden jeweils in der Mitte der Ackerstreifen sowie auf einem als Referenz dienenden benachbarten Ackerschlag ohne Agroforst installiert. Die Bestimmung des im Boden gebundenen Gesamtkohlenstoffs (TOC) und des heißwasserextrahierbaren Kohlenstoffs (HWC) erfolgte gemäß den Erläuterungen in Böhm (2012).

Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung wiesen die Baumstreifen am V2 eine mittlere Höhe von 4,3 m auf. Eine Reduktion der Windgeschwindigkeit (WG) wurde bei allen Ackerstreifenbreiten beobachtet; mit abnehmender Breite nahm die Schutzwirkung zu. Unter Annahme einer für V2 realistischen kritischen Schubspannungsgeschwindigkeit (SG) von $0,23 \text{ m s}^{-1}$ in Bodennähe, kann für die Meßhöhe von 1 m eine SG von $3,6 \text{ m s}^{-1}$ abgeleitet werden. Ab dieser WG ist am V2 theoretisch mit Winderosionsereignissen zu rechnen. Dies traf auf der Referenzfläche im Erhebungszeitraum bei knapp 17 % der Messungen zu. Durch die agroforstliche Nutzung konnten WGs, die diesen Schwellenwert überstiegen um 36 % (96 m Breite), 75 % (48 m) bzw. 91 % (24 m) reduziert werden (Abb. 1). Somit können im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agroforstsysteme wesentlich zu einer Verringerung des Winderosionspotentials beitragen.

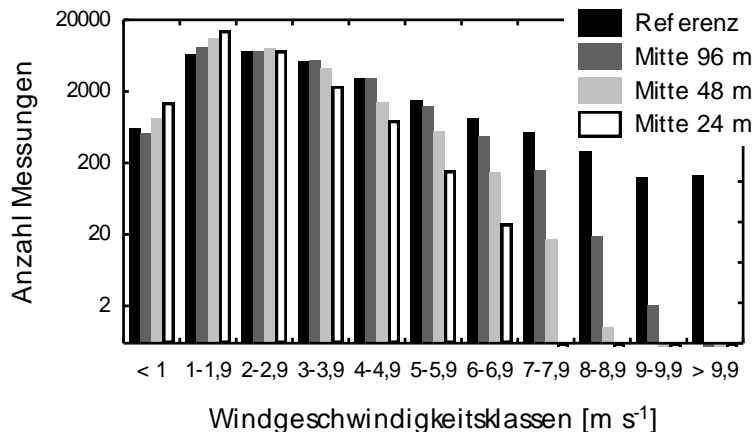


Abb. 1: Häufigkeit von Windereignissen (eingeteilt nach Windgeschwindigkeitsklassen) im Meßzeitraum Oktober 2013 bis März 2014 am V2 in Abhängigkeit der Ackerstreifenbreiten 24, 48, 96 m

Innerhalb von 6 Jahren nach Etablierung eines Agroforstsystems als erste Rekultivierungsmaßnahme auf humusarmem Kippsubstrat wurden im Boden des V1 bis in 30 cm Tiefe größere TOC- und HWC-Vorräte unter den Gehölzstreifen aus Robinie als bei Luzerne-dominierter Rekultivierungsfruchtfolge aufgebaut (Tab. 1). Folglich scheint die agroforstliche Kurzumtriebswirtschaft auf landwirtschaftlich genutzten Flächen der Bergbaufolgelandschaften eine geeignete Landnutzungsoption zu sein, um die Zunahme an TOC und leicht nachlieferbaren C-Fractionen wie HWC im Oberboden – zumindest partiell – zu forcieren.

Tab. 2: Entwicklung der Vorräte an TOC (in t ha^{-1}) und HWC (in kg ha^{-1}) von 1 Jahr (2008) bis 6 Jahre (2013) nach Etablierung des Agroforstsystems am V1; $n = 8$

| Tiefe [cm] | TOC-2008 | TOC-2013 | HWC-2008 | HWC-2013 |
|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Gehölzstreifen (Standardfehler) / Mitte des 24 m breiten Ackerstreifens (Standardfehler) | | | | |
| > 0 | - / - | 1,96 (0,4) / - | - / - | 76 (16) / - |
| 0-3 | 1,20 (0,1) / 0,84 (0,1) | 2,92 (0,4) / 1,61 (0,3) | 70 (13) / 50 (7) | 163 (18) / 96 (17) |
| 3-10 | 1,86 (0,2) / 1,63 (0,2) | 2,52 (0,4) / 3,69 (0,6) | 84 (6) / 79 (8) | 142 (11) / 189 (35) |
| 10-30 | 4,33 (1,2) / 5,06 (1,1) | 3,75 (0,8) / 5,60 (0,8) | 163 (15) / 173 (23) | 230 (19) / 267 (46) |
| Σ | 7,39 / 9,39 | 11,15 / 10,90 | 317 / 302 | 611 / 552 |

Literatur

Böhm, C. (2012): Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis (AgroForstEnergie); TP 2: Rekultivierungsfläche in Brandenburg (FKZ: 22009707). Abschlußbericht des Teilprojektes 2, 125 S.

Dank: Die Autoren danken dem BMEL für die Finanzierung des Forschungsprojektes "AgroForstEnergie II – Teilvorhaben 2 (FKZ: 22000312); Für weitere Informationen siehe <http://www.agroforstenergie.de/de/>

Begleitvegetation eines Energieholz-Agroforstsystems – Eine Bewertung hinsichtlich Biodiversität und Ertragsbeeinflussung

Manuela Bärwolff, Linda S. Jung und Armin Vetter

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena. E-Mail: manuela.baerwolff@tl.thueringen.de

Einleitung

Agroforstwirtschaft ist eine Form der Landnutzung in Mischkultursystemen, die Elemente der Landwirtschaft mit denen der Forstwirtschaft kombiniert. Kernidee aller Agroforstsysteme ist der gleichzeitige Anbau von Gehölzen und klassischen landwirtschaftlichen Produkten auf einer Fläche. Die dabei entstehenden synergistischen Effekte sollen eine effektivere und nachhaltigere Landnutzung bewirken. Großes Potenzial zur Verknüpfung sowohl ökonomischer als auch ökologischer Aspekte bietet der Anbau streifenförmiger Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Flächen. In dieser Sonderform des „alley cropping“ werden schnellwachsende Baumarten wie Pappel oder Weide in regelmäßig angeordneten, heckenartigen Gehölzstreifen in die Agrarlandschaft integriert. Agroforstsysteme auf Ackerland vereinen verschiedene Funktionen wie die des Biotopverbundes (Hecken), des Erosionsschutzes (Windschutzstreifen), der Energie- (Kurzumtriebsplantagen) und Nahrungsmittelproduktion (herkömmliche Landwirtschaft). Keine der vier aufgeführten Aufgaben ist dabei – für das jeweils einzelne Ziel – optimal gelöst. Agroforstsysteme stellen einen Kompromiss dar, bei dem allerdings die Produktionsfunktion der Fläche sowohl für die holzige als auch für die landwirtschaftliche Komponente im Vordergrund steht, aber zudem noch zusätzliche Ziele der Flächennutzung bedient werden.

Material und Methoden



Abb. 1: Dornburger Agroforstsystem mit KUP-Streifen und Sommergerste

Das Agroforstsystem Dornburg ist eine Demonstrations- und Untersuchungsfläche von 50 ha Größe, bewirtschaftet in einer ortsüblichen Fruchtfolge mit den Komponenten Wintertraps, Winterweizen und Sommergerste. Im Jahr 2007 wurden sieben Energieholzstreifen von jeweils 12 m Breite in Abständen von 48, 96 bzw. 144 m auf dem Schlag integriert. Seit der Etablierung des Agroforstsystems wurde unter anderem die Entwicklung der Begleitvegetation beobachtet. Neben der Erfassung des Gesamtartenspektrums des Agroforstsystems, welche im Jahr 2014

zum vierten Mal erfolgte, wurde seit 2010 jährlich in unterschiedlichen Kompartimenten des Systems (KUP-Streifen, Saumbereich, Ackerstreifen; Erhebung in 3 m²-Parzellen) auftretende Arten und jeweilige Deckungsgrade bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen belegen eine deutliche Erweiterung des Artenspektrums durch die Integration der KUP-Streifen in das Fruchtfolgesystem (siehe Abbildung 2). Innerhalb der 2013 und 2014 untersuchten Parzellen konnten jeweils insgesamt 25 Arten nachgewiesen werden, welche in KUP-Streifen und Saumbereich auftraten, nicht jedoch auf den Ackerstreifen. Es ist davon auszugehen, dass mit zunehmendem Alter der Anlage eine weitere Ansiedlung von Arten innerhalb der KUP-Streifen stattfinden wird. Insbesondere der Saumbereich zwischen Baum- und Feldstreifen trägt zu einer hohen Diversität bei, ist jedoch stärker als die KUP-Streifen durch das Pflanzenschutzmanagement der Ackerstreifen beeinflusst.

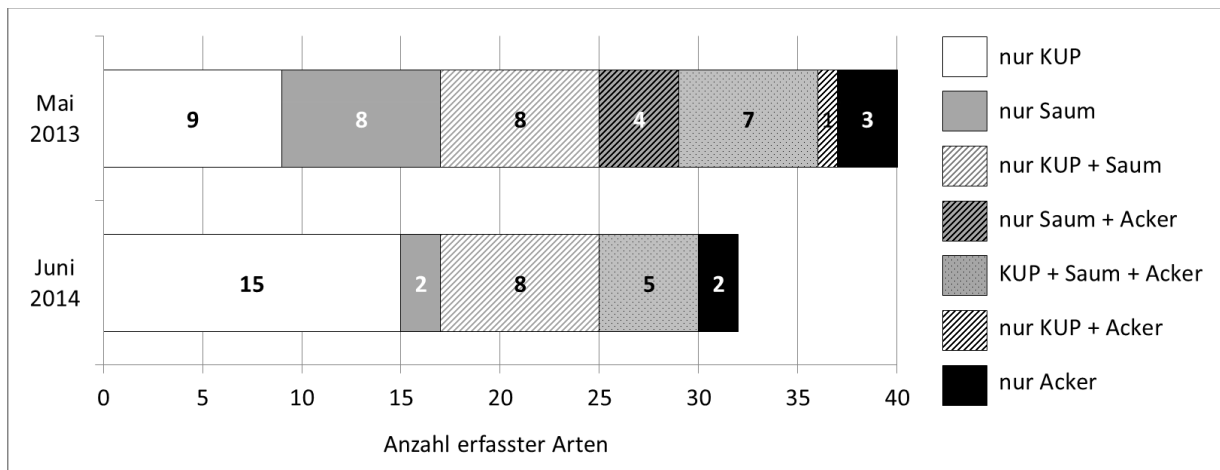


Abb. 2: Artenzahlen (Vegetation) in verschiedenen Kompartimenten des Agroforstsystems Dornburg 2013 und 2014

Die im Bereich der KUP-Streifen neu angesiedelten Arten stellten keine typische Ackerbegleitflora dar, sondern entsprachen dem dargebotenen Habitat, welches durch langjährige Bodenruhe und Beschattung charakterisiert ist. Auch bekannte Hauptunkräuter der angebauten Fruchtarten waren insbesondere im Saumbereich zum Teil mit hohen Deckungsgraden nachweisbar. Die Ausbreitung dieser in die Ackerfläche hinein war auf den Nahbereich beschränkt und vergleichbar mit der Ausbreitung ausgehend von einem konventionellen Ackerrand.

Auf Basis dieser Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass die Integration von Energieholzstreifen in konventionell bewirtschaftete Ackerflächen keine ökonomisch relevante Qualitäts- und Ertragsminderung der angrenzenden Feldkultur durch erhöhtes Beikrautauflkommen nach sich zieht. Die Ansiedlung ackeruntypischer Arten leistet einen positiven Beitrag zur floristischen Biodiversität. Durch das vermehrte Nahrungs- und Lebensraumangebot ist hierdurch auch von einer positiven Wirkung auf die faunistische Biodiversität auszugehen.

Literatur

www.agroforstenergie.de

Bewertung von Ernteverfahren für Kurzumtriebsflächen bei unterschiedlichen Umtriebszeiten

Franz Handler¹, Emil Blumauer¹ und Daniela Pezzolla²,

¹HBLFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg, AT 3250 Wieselburg; ²University of Perugia, IT-06121 Perugia. E-Mail: franz.handler@josephinum.at

Einleitung

Neue Kurzumtriebsflächen werden in Österreich überwiegend auf sehr kleinen Schlägen angelegt. Die Kosten für die vollmechanisierte Ernte mit dem Feldhäcksler nehmen auf diesen Flächen stark zu. Deshalb werden alternative Ernteverfahren untersucht. Die Umtriebszeit von Kurzumtriebsflächen beeinflusst die mögliche Erntetechnik und damit den Arbeitszeitbedarf, die Kosten und die Hackgutqualität. Der Beitrag vergleicht die Ernte mit dem Feldhäcksler bei 2 – 4-jährigem Umtrieb mit der motor-manuellen Ernte sowie die Ernte mit dem Fäller-Bündler bei 5 – 10-jährigem Umtrieb hinsichtlich Arbeitszeitbedarf, Arbeiterledigungskosten und Hackgutqualität.

Material und Methoden

Die Versuche wurden in den Jahren 2010 bis 2013 auf Pappelflächen durchgeführt. Beim 2 - 4-jährigem Umtrieb betrug der Reihenabstand generell 300 cm. Der Pflanzabstand in der Reihe lag zwischen 50 und 60 cm. Die Versuche wurden bei der ersten und zweiten Ernte durchgeführt. Beim 5 – 10-jährigem Umtrieb bewegte sich der Reihenabstand zwischen 250 und 300 cm und der Abstand in der Reihe stieg bis auf 300 cm an.

Zur Datenerfassung aller Arbeitsabläufe wurden diese in Arbeitsteilvorgänge zerlegt. Die Zeitmessung erfolgte mit Ortim a3. Zum Messen der zurückgelegten Wegstrecken wurde DGPS eingesetzt. Der Stammdurchmesser D10 wurde mittels Messkluppe bestimmt. Die Masse des geernteten Hackgutes wurde auf Brückenwaagen gewogen. Zur Bestimmung der Hackgutqualität mittels Sieblinie nach EN 15149-1, Schüttdichte nach EN 15103 und Trockenmassegehalt nach EN 14774-2 erfolgte die Probenahme nach EN 14778. Die statistische Auswertung der Arbeitsbeobachtungen erfolgte mit ORTIMzeit Professional und SPSS 19.0. Auf Basis der ermittelten Planzeiten wurden Modellkalkulationen durchgeführt, die von der Ernte am Feld bis zur Einlagerung des Hackgutes inklusive des Transportes des Hackgutes über eine Transportentfernung von 1 km reichen. Die berechneten Arbeiterledigungskosten beinhalten die fixen und variablen Maschinenkosten sowie die Löhne der Arbeitskräfte. Maschinenkosten und Löhne wurden bei Lohnunternehmen und Maschinenringen erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die detaillierten Ergebnisse der Zeitstudien sind in *Handler und Blumauer 2013* veröffentlicht.

Die vollmechanisierte Ernte mit dem Feldhäcksler bei 2 – 4-jährigem Umtrieb erfordert den geringsten Arbeitszeitbedarf und die geringsten Arbeiterledigungskosten pro Tonne Trockenmasse (t TM). Auf sehr kleinen Schlägen steigen der Arbeitszeitbedarf und die Arbeiterledigungskosten stark an (siehe Abbildung 1). Auf Grund des hohen Wassergehaltes von rund 55 % ist das

Hackgut ohne künstliche Trocknung nicht lagerfähig und kann auf Grund der Partikelgröße in Kleinfeuerungen (<150 kW) in der Regel nicht verwendet werden. Der Fäller-Bündler erreicht bei 5 – 10-jährigem Umtrieb auf Schlägen von unter einem Hektar ähnliche Massenströme wie der Feldhäcksler. Allerdings verursacht der anschließende Transport der Bäume zur Zwischenlagerung am Feldrand einen hohen Arbeitszeitbedarf und Kosten. Zusätzlich müssen die Bäume nach der Lagerung noch gehackt werden. Dadurch steigen die Erntekosten bei einer Schlaggröße von 2 ha im Vergleich zur Ernte mit dem Feldhäcksler bei 2 – 4-jährigem Umtrieb auf mehr als das 2,5-fache an. Auf sehr kleinen Schlägen nimmt die Differenz auf 30 % (rund 150 €/t TM) ab. Durch die Zwischenlagerung der Bäume über den Sommer sinkt der Wassergehalt des Hackgutes auf unter 35 %. Weiters kann durch die Einstellung des Hackers die Partikelgröße der Feuerung gut angepasst werden. Dadurch ist eine flexiblere Vermarktung zu höheren Preisen gewährleistet, die speziell auf kleinen Schlägen die höheren Kosten ausgleichen kann.

Landwirtschaftliche Betriebe, die die motor-manuelle Ernte zur Selbstversorgung einsetzen, sollten dies nur bei möglichst großen Stammdurchmessern tun.

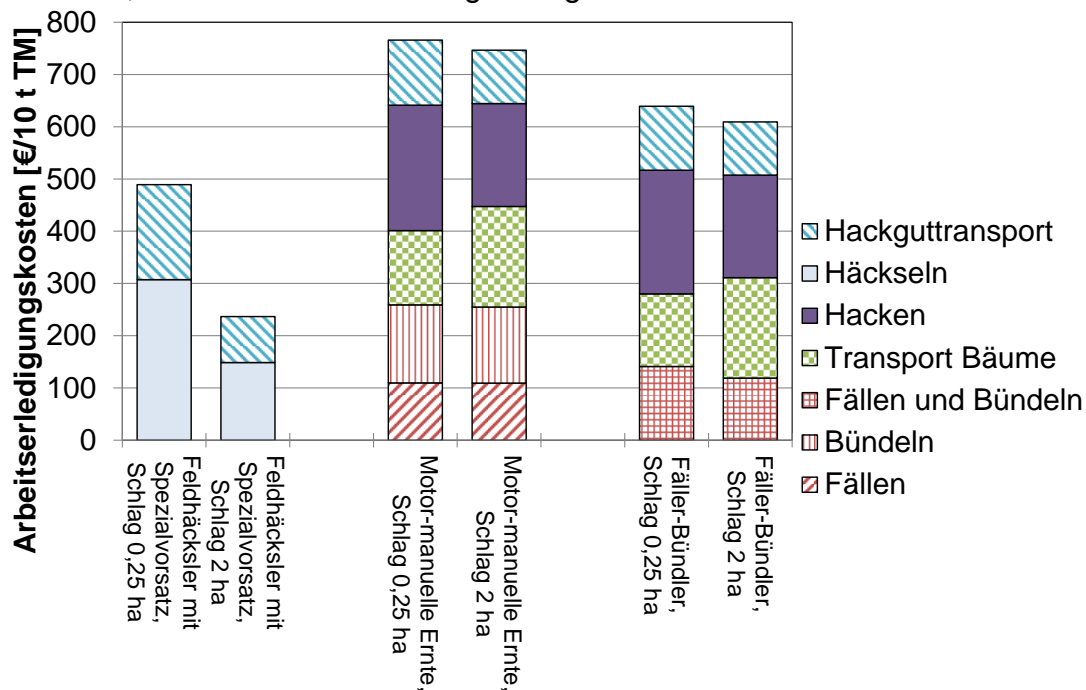


Abbildung 1: Einfluss von Schlaggröße, Ernteverfahren und Erntezyklus auf die Arbeiterledigungskosten¹

Literatur

Handler, F. und E. Blumauer (2013): Optimierung von Verfahren für die Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen. Forschungsbericht, BLT Wieselburg, Ifz Francisco Josephinum, Austria.

¹ Lohnkosten Häckseln 30 €/h, Lohnkosten Transport 15 €/h, Maschinenkosten Feldhäcksler (370 kW) 290 €/h, Maschinenkosten Transportgespanne für Hackgut (Traktor mit Abschiebewagen 25 m³) 47 €/h, Lohnkosten motor-manuelles Fällern 17 €/h, Maschinenkosten Motorsäge 4 €/h, Lohnkosten Bündeln, Fäller-Bündler und Hacken 30 €/h, Maschinenkosten Bündeln (Forstraktor mit Kran) 55 €/h, Maschinenkosten Transport Bäume (Traktor (65 kW) mit Frontlader und Rückezange) 45 €/h, Maschinenkosten Fäller-Bündler (Drehkrantzbagger 14,5 t mit Fällkopf) 65 €/h, Maschinenkosten Hacker (95 Srm/h) 212 €/h, alle Preise exkl. MwSt.

Carbon sequestration in an agroforestry system, including short rotation coppices of poplar and willow

Azeem Tariq, Anna Gunina and Norbert Lamersdorf

Büsingen-Institute, Soil Science of Temperate Ecosystems, Georg-August-Universität Göttingen, Büsingenweg 2, 37077 Göttingen, Germany
E-Mail: nlamers@gwdg.de, atariq@gwdg.de

Introduction

C sequestration in soils is one of the major mitigation strategies to decrease concentration of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere and convert it to stable C pools. In this context, we investigated newly applied land use systems, having a potential to sequester more C into soils, compared to the conventional agricultural systems, mainly due to continuous litter input and less tillage (Dimitriou et al. 2009): i) two pure short rotation coppice systems (SRC) with poplar and willow and ii) an agroforestry (AF) systems, comprising willow SRC as the woody component. However, increasing amounts of belowground C (root exudates) may also lead to initial decreases of soil C contents in forest plantations (Paul et al. 2003). Nevertheless, it can be expected that these effects will be compensated through aboveground litter input after some years but studies of soil C sequestration on the early stage after establishing SRC and SRC-agroforestry systems are rare so far. Thus, the aim of the present study was to compare quantity and quality changes of C accumulation in soils under newly established, SRC and SRC-AF, compared to an arable control plot.

Materials and Method

The experimental sites were established within the BEST project (www.best-forschung.de). Fast growing clones of poplar (clone "Max") and willow (clone "Tordis") were used for pure SRC plantations or a willow based alley cropping system (AF). The neighbouring arable cropland was used as a control. The soil samples were collected with four replications (each replication was a mixed sample of 5 independent ones) after three years of the establishment of the plantations on former cropland. Samples were collected using a random selection approach from the 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-20 and 20-30 cm soil depths. Soil samples were dried at 105 °C, sieved with 2 mm and ball milled. Organic C and nitrogen (N) were analyzed by dry combustion (C/N analyzer, elementar, Germany).

Results and Discussion

Total SOC contents varied from 12.5 g C kg⁻¹ soil in cropland to 17.9 g C kg⁻¹ soil in willow SRC to (fig. 1). AF soil accumulated more carbon (15.4 g C kg⁻¹ soil) as compare to poplar SRC (13.0 g C kg⁻¹ soil) and cropland. An increase in SOC was observed under SRC-willow and SRC-AF compare to the initial value (13.0 g C kg⁻¹ soil) because more amount of litter input and less rate of decomposition as compare to SRC-poplar and cropland (Hartmann et al. 2014, pers. com.). Under SRC of poplar no increase in TOC was found. Contents of C rapidly decreased from 0-3 cm to downer horizons for all plantation types, but there was no significant decrease in the total C contents for 3-20 cm layer under SRC and SRC-AF. In cropland soil C distribution was homogenous in the top 0 to 20 cm layer due to ploughing, low input of above and belowground plant biomass. Contents of organic N increased under

willow and SRC-AF plantation compare to the initial value (1.5 g N kg^{-1} soil). Maximum amount of N was found under SRC-willow followed by SRC-AF at all soil horizons (fig. 2). There were no clear differences in N content under poplar SRC and cropland at all soil depths. The N contents decreased from top to down horizons under all land use type. C/N ratio differs significantly from 0-3 cm to deeper horizons in SRCs and SRC-AF. No clear differences were found in C/N at all soil layers under cropland and in the deeper soil layers of the other land use types.

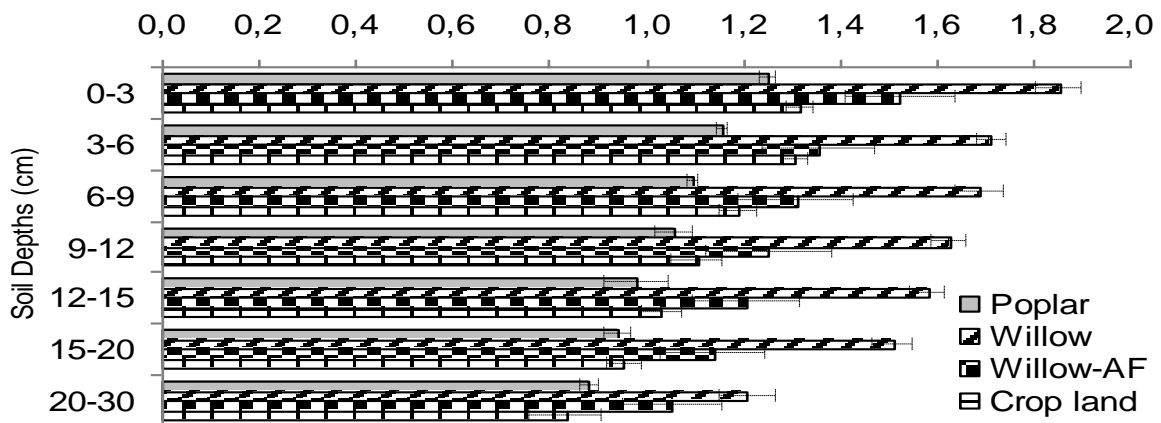


Figure 1: Soil Organic Carbon (g kg^{-1} soil) in different soil depths of poplar, willow, willow-AF and cropland.

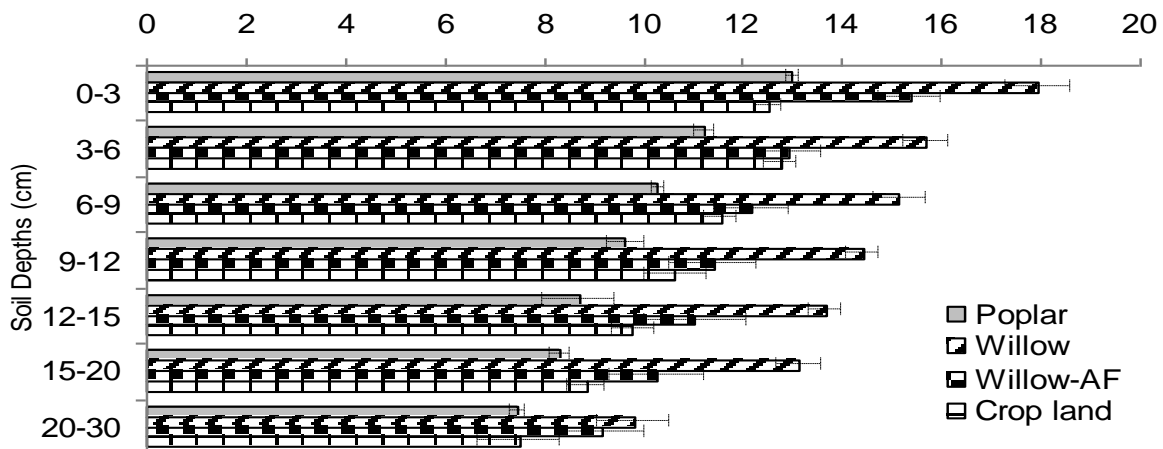


Figure 2: Total Nitrogen (g kg^{-1} soil) in different soil depths of poplar, willow, Willow-AF and cropland.

Literature

- Dimitriou, I., C. Baum, S. Baum, G. Busch, U. Schulz, J. Köhn, N. Lamersdorf, P. Leinweber, P. Aronsson, M. Weih, G. Berndes and A. Bolte. 2009. The impact of Short Rotation Coppice (SRC) cultivation on the environment. *Agriculture and Forestry Research*, 3 (59):159-162.
- Paul, K.I., P.J. Polglase and G.P. Richards. 2003. Predicted change in soil carbon following afforestation or reforestation, and analysis of controlling factors by linking a C accounting model (CAMFor) to models of forest growth (3PG), litter decomposition (GENDEC) and soil C turnover (RothC). *Forest Ecology and Management*, 177: 485-501.

Phosphatdüngewirkung von thermisch aufbereiteter Klärschlammasche im Vergleich zu Triplesuperphosphat

Severin, Maximilian¹; Breuer, Joachim²; Rex, Martin³; Stemann, Jan⁵;
Adam, Christian⁵; Van den Weghe, Herman¹ and Kücke, Martin⁴

¹Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Nutztierwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen

²RETERRA Service GmbH, Seestr. 2a, 50374 Erftstadt, Germany

³Arbeitsgemeinschaft Hüttenkalk e.V., Bliersheimer Straße 62, 47229 Duisburg

⁴Julius Kühn Institute, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

⁵Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Fachbereich 4.4. Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

E-Mail: mseveri@gwdg.de

Einleitung

Die Aufbereitung von Phosphat aus Klärschlamm stellt eine Möglichkeit dar, den geogenen Phosphatverbrauch zu reduzieren und den Nährstoffkreislauf zu schließen.

Es wurde ein Gefäßversuch durchgeführt um folgende Hypothesen zu untersuchen i.) hitzebehandelte Klärschlammaschen haben eine höhere P-Verfügbarkeit als unbehandelte Klärschlammaschen und ii.) können mit der Düngewirkung von Triple Superphosphat verglichen werden.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch mit *Zea mays* wurden zwei Glüphosphate (GP1 und GP2), eine Stahlwerksschlacke, die mit Klärschlammasche vermischt wurde (S+S) gegenüber einer unbehandelten Klärschlammasche (USSA) und gegenüber Triple Superphosphat (TSP) hinsichtlich ihrer Nährstoffverfügbarkeit und Ertragswirksamkeit untersucht. Es wurde ein sandiger Boden (82 % Sand; 12 % Schluff; 6 % Ton; pH 3.8; 1.2 % Humus; 1.14 mg P 100 g⁻¹ CAL-P) ausgewählt. Hiervon wurden 6000 g mit den zu untersuchenenden Düngemitteln (3 Stufen g Gefäß⁻¹: 0,16, 0,35 und 0,52) vermischt. Am Tag 15 und 25 nach Versuchsstart wurden die Pflanzen mit einer Düngerlösung versorgt: N (1.96 g/Gefäß), K (5.03 g/Gefäß), S (1.04 g/Gefäß) and Mg (0.78 g/Gefäß). Mikronährstoffe wurden durch eine Blattdüngung verabreicht. Die oberirdische Biomasse der Maispflanzen wurde 42 Tage nach Aussaat geerntet und untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

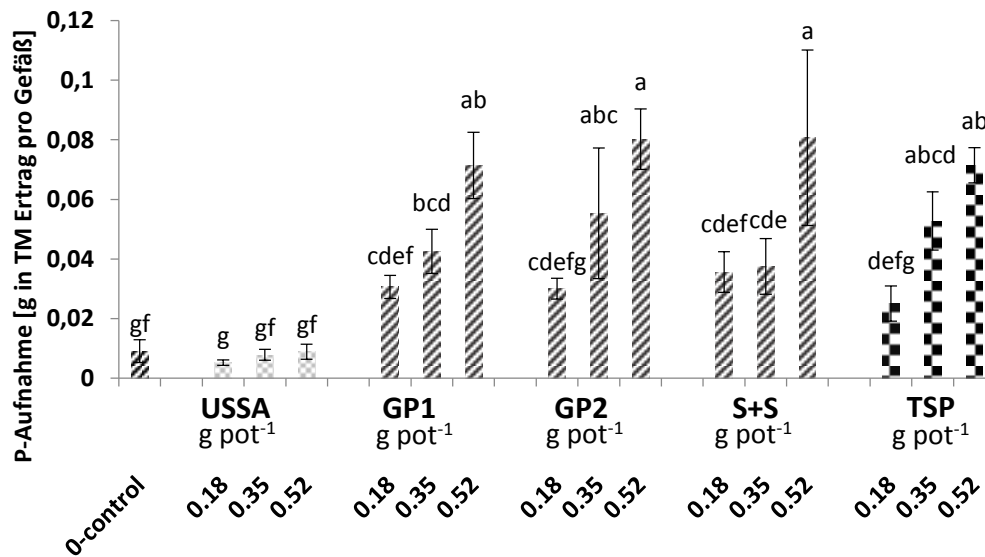


Abb. 1: P-Aufnahme von Mais nach der Düngung mit 4 unterschiedlichen Produkten aus Klärschlammasche im Vergleich zu TSP

Tab. 1: Hauptbestandteile der Produkte aus Klärschlammaschen und TSP, untersucht mit Röntgendiffraktometrie

| Produkt | mineralische Zusammensetzung |
|---------|--|
| TSP | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ |
| USSA | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ |
| S+S | $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \times 0,05\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ |
| GP1 | $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$ and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| GP2 | $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$ and CaS |

Der Hauptbestandteil von USSA ist $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Durch die Erhitzung und dem Zusatz von Soda, Calcium, Silicium und Sulfat -haltigen Additiven wird $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ zu Ca- und Na-Silico-Phosphaten umgewandelt. Diese haben eine hohe Wasserlöslichkeit und sind deshalb gut pflanzenverfügbar.

Im Vergleich zu anderen Studien (Cabeza et al. 2011 und Römer 2013) konnte in dieser Studie gezeigt werden das nur durch eine Hitzebehandlung von Klärschlammaschen in Verbindung mit chemischen Zusätzen hoch pflanzenverfügbare Phosphatverbindungen entstehen können, die in ihrer Düngewirkung TSP ebenbürtig sind.

Literatur

- Cabeza, R., Steingrobe, B., Römer, W., Claassen, N. (2011) Effectiveness of recycled P products as P fertilizers, as evaluated in pot experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (91):173-184
- Römer, W. (2013): Phosphorus fertilizer effect of P-recycled products, *Korrespondenz Abwasser, Abfall* (60): 202 – 213 [Original in German]

Treibhausgasemissionen bei der organischen Düngung: Einfluss von Boden, Düngemittel und Applikationstechnik

Severin, Maxmilian¹; Fuß, Roland²; Well, Reinhard²; Garlipp, Felix¹;
Van den Weghe, Herman¹

¹Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Nutztierwissenschaften, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen

²Johann Heinrich von Thünen Institute, Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
Email: mseveri@gwdg.de

Einleitung

Die Landwirtschaft ist eine der Hauptquellen für die Freisetzung von anthropogenen N₂O Emissionen. In Verbindung mit der Bodenart und den Witterungsverhältnissen spielt die Stickstoffdüngung eine große Rolle für die Freisetzung von N₂O. In dieser Studie wurde die Emissionsfreisetzung nach der Gülle- und Gärrestaubsbringung mit dem Schleppschlauchverfahren und der Injektion (15 und 20 cm) miteinander verglichen. Es wurde der Frage nachgegangen, ob die Injektionstiefe für die N₂O Freisetzung relevant ist und ob sich Gülle und Gärrest in ihrer N₂O Freisetzung unterscheiden.

Material und Methoden

Diese Studie basiert auf einem Mikrokosmenversuch mit ungestörten Bodensäulen (0 – 30 cm) mit drei Böden (Histosol, Gleysol und Plaggic Anthrosol). Die Bodensäulen wurden mit 50 ml Gülle bzw. Gärrest (50 ml = 30 m³ ha⁻¹ = 150 kg N ha⁻¹) gedüngt. Über einen Zeitraum von 37 Tagen wurden die Bodensäulen täglich beprobt und die N₂O, CH₄ und CO₂ Emissionen wurden gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die CO₂ und CH₄ Emissionen (hier nicht abgebildet) zeigen in den ersten 48 h nach Düngung einen Peak und sinken dann wieder ab. Die erhöhten CH₄ und CO₂ Konzentrationen sind auf Bodenstörungen (CO₂) und die Substratausbringung (CH₄) zurück zu führen.

Die Untersuchungen konnten zeigen, dass es zwischen den unterschiedlichen Ausbringungstechniken von Gülle und Gärrest mit Ausnahme des Histosols keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Emissionsfreisetzung (N₂O, CO₂ und CH₄) gibt (Abb. 1 und 2). Auch zwischen den beiden Substraten (Gülle und Gärrest) konnten keine relevanten Unterschiede bezüglich der Emissionsfreisetzung festgestellt werden. Dendooven et al. (1998) konnte auch keine Unterschiede zwischen Applikationstechniken feststellen. In den meisten Fällen haben die Standortfaktoren einen größeren Einfluss auf die Emissionsfreisetzung als die Applikationstechnik (Mkhabela et al. 2009).

Die drei untersuchten Böden unterschieden sich unabhängig von der Applikationstechnik in ihrer N₂O Freisetzung: Plaggic Anthrosol < Gleysol < Histosol. Die Bodenart und die damit verbundenen Parameter (Bodenfeuchtigkeit, Durchlüftung und Bodenaggregation) haben einen größeren Einfluss auf die N₂O Freisetzung als die Ausbringungstechnik. Aus diesem Grund sollte die Ausbringungstechnik nach Aspekten der Pflanzenernährung und Ökonomie ausgewählt werden, wobei umweltrelevante Parameter nicht vernachlässigt werden sollten.

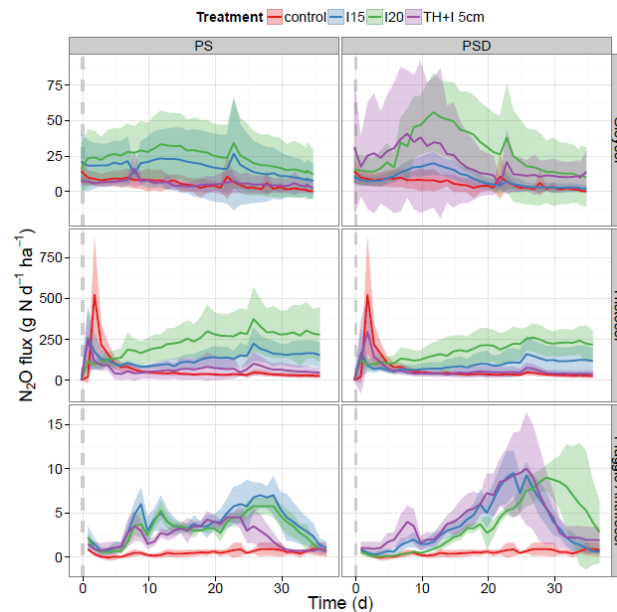


Abb. 1: N₂O Emissionen aus drei Böden (Gleysol, Plaggic Anthrosol und Histosol) über einen Zeitraum von 37 Tagen mit einer Gülle bzw. Gärrestdüngung mit Schleppschauch und Injektion (15 + 20 cm) im Vergleich zu einer Nullvariante. Mittelwerte (fett), Standardabweichung (colorierte Bereiche)

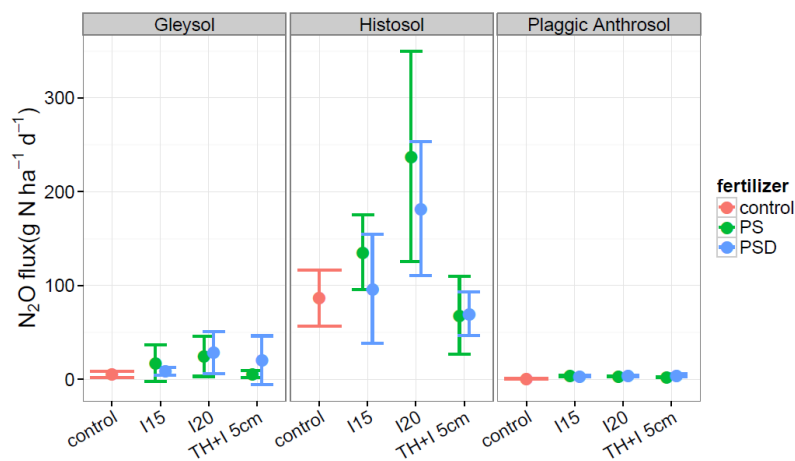


Abb. 2: Mittlerer täglicher N₂O Fluss aus drei Böden (Gleysol, Plaggic Anthrosol und Histosol) über einen Zeitraum von 37 Tagen mit einer Gülle bzw. Gärrestdüngung mit Schleppschauch und Injektion (15 + 20 cm) im Vergleich zu einer Nullvariante. Mittelwerte (fett), Standardabweichung (colorierte Bereiche)

Literatur

Dendooven L, Bonhomme E, Merckx R and Vlassak K 1998. Injection of pig slurry and its effects on dynamics of nitrogen and carbon in a loamy soil under laboratory conditions. *Biol. Fertil Soils* 27: 5-8

Mkhabela MS, Gordon R, Burton D, Smith E and Madani A 2009. The impact of management practices and meteorological conditions on ammonia and nitrous oxide emissions following application of hog slurry to forage grass in Nova Scotia. *Agric. Ecosys. Environ.* 130: 41-49

Gefäßversuche zur Wirkung von Biokohle-Substraten mit unterschiedlichen Kohlegehalten und Inputstoffen auf den Pflanzenaufwuchs und ausgewählte Bodenparameter von ertragsschwachen Acker- und Kippböden der Lausitz

Rademacher, Anne^{1,2}, Haubold-Rosar, Michael¹

¹Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften, Finsterwalde; ²Freie Universität, Berlin.
E-Mail: a.rademacher@fib-ev.de

Einleitung

Die Lausitz im nordostdeutschen Tiefland weist einen großen Anteil an Grenzertragsstandorten auf, die hohe Ansprüche an eine gute Humusversorgung bedingen. Eine besondere Herausforderung bilden zudem die humusfreien bzw. -armen Rückgabeflächen des Braunkohlenbergbaus. Nach dem Prinzip der Terra Preta im Amazonasgebiet wurde eine Technologie zur Erzeugung von Biokohle-Substraten (BKS) aus biogenen Abfällen und Biokohle entwickelt. Im Rahmen eines F/E-Vorhabens (FKZ 033L021B) wird die Wirkung von BKS auf Bodenfunktionen und Pflanzenwachstum bei Einsatz in der Kippenrekultivierung sowie der landwirtschaftlichen Nutzung ertragsschwacher Standorte untersucht und bewertet.

Material und Methoden

Die Herstellung der BKS erfolgte aus regionalen Inputstoffen, wie Laubkompost, (Substitut: Gewässerpflegematerial [GPM]), Gärrückstand, Gesteinsmehl, Biokohle [BK] (Substitut: Braunkohle [BrK]), sowie den Zuschlagsstoffen Maissilage [Sil] und Gips [Gi]. Die Substrate wurden nach unterschiedlichen Rezepturen gemischt und anschließend gemeinsam kompostiert und fermentiert (Haubold-Rosar et al. 2013). Die BKS (90 t TS ha⁻¹) wurden in einem Mitscherlich-Gefäßversuch (n=4) im Vergleich zu einer Mineraldüngungsvariante (150N/90P/150K kg ha⁻¹) mit den Oberböden einer Braunerde von einem gewachsenen Ackerstandort (Z) und einem frisch verkippten Rohboden (W) geprüft. In Tabelle 1 sind einige Kennwerte der eingesetzten Böden und ausgewählter BKS dargestellt.

Tabelle 1: Kennwerte der eingesetzten Böden und der ausgewählten BKS

| Boden (Bodenart) / BKS | pH (CaCl ₂) | C _{org} [%] | N _t | P _{DL} [mg kg ⁻¹] | K _{DL} [mg kg ⁻¹] | KAK [cmol _c kg ⁻¹] |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|---|---|--|
| Z (Su3) | 5,8 | 1,08 | 0,09 | 60 | 33 | 4,9 |
| W (Si2) | 7,6 | 0,17 | 0,01 | 30 | 32 | 2,0 |
| Q1 [15%BK] | 7,9 | 23,8 | 1,37 | 1480 | 10737 | 54,0 |
| Q8 [15%BK+GPM] | 7,3 | 29,7 | 1,56 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Q13 [15%BK+GPM+Sil] | 7,2 | 30,8 | 1,79 | 716 | 11035 | 60,2 |
| Q3 [15%BrK] | 6,2 | 29,4 | 1,32 | 1180 | 9258 | 53,1 |
| Q9 [15%BrK+GPM+Gi] | 5,7 | 30,8 | 1,45 | n.b. | n.b. | n.b. |

Als Testpflanze wurde Knautgras (*Dactylis glomerata L.*) angebaut. Die Ernte des Aufwuchses erfolgte in 2012 und 2013 jeweils zweimal. Das Sickerwasser wurde im Kreislauf geführt. Abschließend wurden die Böden im Oktober 2013 beprobt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Summe aller vier Ernten wurde in den BKS-Varianten auf beiden Böden ein höherer Ertrag erzielt als in der Referenzvariante MIN (s. Tab. 2). Der pH-Wert wurde auf dem gewachsenen Boden (Z) durch den BKS-Einsatz, insbesondere in den Biokohle-Varianten (Q1, Q8 und Q13) erhöht. Beide Versuchsböden haben durch die BKS-Applikation eine deutliche Anhebung des C_{org} - und N_t -Gehaltes erfahren. Die P- und K-Versorgung konnten durch die BKS-Zugabe verbessert werden. Dieser Effekt war bei den BKS mit dem Substitut Braunkohle etwas schwächer ausgeprägt. Auch die Kationenaustauschkapazität (KAK) ist in den BKS-Varianten etwas höher als in der Referenzvariante. Eine deutliche Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit konnte anhand der ermittelten nutzbaren Feldkapazitäten im Gegensatz zu Rademacher & Haubold-Rosar (2013) nicht festgestellt werden.

Die geprüften regionalen Inputstoffe, insbesondere das GPM haben sich somit als geeignet für die Herstellung von BKS erwiesen. Die bodenchemischen Eigenschaften können durch den Einsatz von BKS in Abhängigkeit von den Ausgangsbedingungen der behandelten Böden verbessert werden.

Tabelle 2: Ertragssummen und Kennwerte der Böden nach der vierten Ernte

| Boden | Dün- gung | TM_{atro} ($\sum 4$ Ernten) [g Gefäß ⁻¹] | pH (CaCl ₂) | C_{org} [M.-%] | N_t | P_{DL} [mg kg ⁻¹] | K_{DL} [mg kg ⁻¹] | KAK [cmol _c kg ⁻¹] |
|-------|--------------|---|----------------------------|---------------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Z | MIN | 34,7 | 5,5 | 1,07 | 0,09 | 32,0 | 13,9 | 5,3 |
| Z | Q1 | 38,3 | 6,4 | 1,60 | 0,12 | 61,4 | 160,3 | 6,4 |
| Z | Q8 | 40,8 | 6,4 | 2,19 | 0,14 | 57,8 | 84,2 | 7,0 |
| Z | Q13 | 46,7 | 6,4 | 2,30 | 0,16 | 63,6 | 117,1 | 8,2 |
| Z | Q3 | 40,1 | 6,1 | 2,20 | 0,13 | 49,8 | 168,4 | 7,8 |
| Z | Q9 | 49,3 | 5,8 | 2,71 | 0,15 | 39,3 | 60,0 | 9,7 |
| W | MIN | 35,2 | 7,5 | 0,26 | 0,02 | 17,5 | 22,6 | 4,4 |
| W | Q1 | 36,8 | 7,4 | 0,96 | 0,06 | 54,9 | 123,6 | 5,2 |
| W | Q8 | 38,8 | 7,3 | 1,89 | 0,09 | 60,6 | 118,5 | 6,1 |
| W | Q13 | 44,5 | 7,3 | 1,81 | 0,10 | 88,0 | 117,2 | 7,1 |
| W | Q3 | 36,0 | 7,3 | 1,12 | 0,06 | 38,9 | 87,2 | 5,4 |
| W | Q9 | 46,0 | 7,2 | 1,39 | 0,06 | 37,3 | 38,4 | 6,3 |

Literatur

- Haubold-Rosar, M., Rademacher, A., Krollig, S., Stöhr, C. (2013): Einsatz regionaler Inputstoffe zur Herstellung von Biokohle-Substraten und deren Einfluss auf die Stickstofffreisetzung. In: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, 7.-12.9.2013, Rostock. <http://eprints.dbges.de/970/>
- Rademacher, A., Haubold-Rosar, M. (2013): Gefäßversuch zur Wirkung von Biokohle-Substraten mit unterschiedlichen Kohlegehalten auf Eigenschaften ertragsschwacher Acker- und Kippböden der Lausitz. In: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, 7.-12.9.2013, Rostock. <http://eprints.dbges.de/929/>

Zur Dynamik der Nährstoffausträge im Dränabfluss von Bodennutzungssystemen

Nadine Tauchnitz¹, Joachim Bischoff¹, Matthias Schrödter¹, Frank Wiese²,
Ralph Meissner³, Holger Rupp³, Denise Bednorz⁴, Olaf Christen⁴

¹Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, D-06406 Bernburg,
E-Mail: nadine.tauchnitz@lfg.mlu.sachsen-anhalt.de;

²Agrargenossenschaft „Altmärkische Höhe Lückstedt e.G.“, D-39606 Lückstedt;

³Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH-UFZ, Department für Bodenphysik, Lysimeterstation Falkenberg, D-39615 Altmärkische Wische;

⁴Martin-Luther-Universität Halle (Saale), Abt. Pflanzenbau/ ökol. Landbau, D-06120 Halle

Einleitung

Dränagen stellen in Gebieten, in denen Böden mit wasserstauenden Bodeneigenschaften vorkommen, die Grundvoraussetzung für eine landwirtschaftliche Nutzung dar. Andererseits können Dränagen durch diffuse Nährstoffausträge aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche neben anderen diffusen Quellen zu Nährstoffbelastungen von Grund- und Oberflächengewässern beitragen. Die Ursache hierfür ist die durch den beschleunigten Abfluss des Niederschlagswassers bedingte kurze Verweilzeit des Bodenwassers im Boden und dadurch eingeschränkte Abbauprozesse. Im vorliegenden Projekt wurden für zwei Bodennutzungssysteme zeitlich hoch aufgelöst die Nährstoffausträge über den Dränagepfad als Grundlage für die Ableitung geeigneter Reduzierungsmaßnahmen erfasst.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet (Lückstedt) liegt in der nördlichen Altmark im Landkreis Stendal. Das Klima ist geprägt durch mittlere langjährige Niederschläge von 541 mm und Jahresdurchschnittstemperaturen von 8,5 °C. Im Untersuchungsgebiet sind großflächig Pseudogley-Braunerden aus lehmigem Geschiebedecksand (schwach bis mittel lehmiger Sand) über Geschiebelehm vorhanden. Der Dränabfluss zweier dränierter landwirtschaftlicher Nutzflächen wurde kontinuierlich durch Registrierung der Wasserstandshöhen im offenen Wassergerinne bzw. im Dränschacht mittels Ultraschallsensoren bei einem jeweils definierten durchflossenen Profil bestimmt. Der Dränabfluss wurde automatisch in täglichen Intervallen beprobt und auf die Nährstoffgehalte analysiert. Auf den beiden Schlägen wurden zudem zu mehreren Terminen Bodenproben entnommen und auf Nmin- und Smin-Gehalte untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

In vorliegenden Untersuchungen wurden trotz niedriger Stickstoff(N)-Salden (-9 und 14 kg N/ha*a) der bewirtschafteten Schläge zum Teil sehr hohe Nitrat(NO₃⁻)-Konzentrationen im Dränabfluss erfasst. Die jährliche NO₃⁻-Auswaschung betrug 26 und 18 kg NO₃-N/ha (Tab. 1) und lag in ähnlicher Größenordnung wie für landwirtschaftlich genutzte Dränflächen auf vergleichbaren Böden anderer Standorte angegeben (Kahle et al., 2008). Anhand des zeitlichen Verlaufes der NO₃-N-Austräge wird deutlich, dass die höchsten Auswaschungen in den Wintermonaten zu verzeichnen waren, während der Einfluss der Vegetationsperiode auf den Austrag insgesamt sehr gering war (Abb. 1).

Tabelle 1: Nährstoff-Frachten im Dränabfluss von Schlag 1

| | Fracht [kg/ha*a] | | Mittlere monatliche Fracht [kg/ha] | Monatliche Fracht | | | |
|--------------------|------------------|------|------------------------------------|-------------------|----------|---------|-----------------------|
| | 2012 | 2013 | | Max | | Min | |
| | | | | [kg/ha] | Zeitraum | [kg/ha] | Zeitraum |
| NO ₃ -N | 25,8 | 18,4 | 1,7 | 18,1 | Jan. 12 | < 0,001 | Mrz. 14 |
| NH ₄ -N | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | Jan. 12 | 0,0 | Aug., Sep., Okt. 2013 |
| NO ₂ -N | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | Jan. 12 | 0,0 | Aug., Sep. 2013 |
| P _{ges} | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | Jan. 12 | 0,0 | Okt. 2012, Sep. 2013 |
| SO ₄ -S | 27,7 | 23,9 | 1,9 | 16,9 | Jan. 12 | < 0,001 | Okt. 12 |
| DOC | 6,0 | 2,9 | 0,3 | 3,7 | Jan. 12 | < 0,001 | Okt. 12 |
| Ca | 107,3 | 86,2 | 7,3 | 63,0 | Jan. 12 | < 0,01 | Okt. 12 |
| Mg | 12,2 | 8,2 | 0,8 | 7,7 | Jan. 12 | < 0,01 | Okt. 12 |
| K | 2,0 | 1,2 | 0,1 | 1,4 | Jan. 12 | < 0,001 | Okt. 12 |

Die hohen NO₃-N-Auswaschungen in den Wintermonaten 2012/2013 korrespondieren sehr gut mit den auf diesem Schlag stark abnehmenden Nmin-Gehalten im Boden von 114 auf 29 kg N/ha.

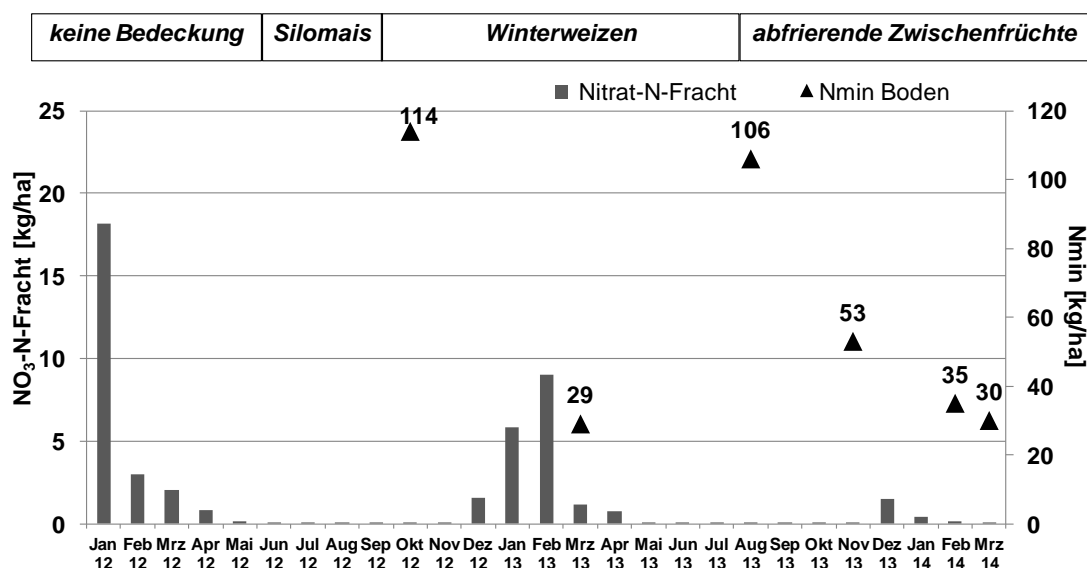


Abbildung 1: Monatliche NO₃-N-Auswaschung im Dränabfluss und Nmin-Gehalte im Boden von Schlag 1

Demgegenüber konnte im folgenden Jahr die Abnahme der Nmin-Gehalte (106 auf 53 kg N/ha) nicht mit einer erhöhten Auswaschung in Verbindung gebracht werden und ist vermutlich auf die Speicherung von NO₃⁻ in den angebauten Zwischenfrüchten zurückzuführen. Neben NO₃⁻ wurden im Dränabfluss sehr hohe Calcium- und Sulfat-Auswaschungen nachgewiesen (Tab. 1).

Literatur

Kahle, P.; Tiemeyer, B.; Lennartz, B.: Einfluss von Skalenebenen auf Stoffausträge gedränter Flächen. In: Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management. DWA-Themen (2008), S. 39-46.

Danksagung

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Projekt wird mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit dem Förderkennzeichen 31086 gefördert.

Humusreproduktionsleistung verschiedener Gärprodukte aus Biogasanlagen auf einem anlehmigen Sandboden

Jorita Krieger, Nils Fischer und Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Berlin.
E-Mail: Jorita.Krieger@agrار.hu-berlin.de

Einleitung

Die Bewertung der Humusreproduktionsleistung von Gärprodukten, den Nebenerzeugnissen der Biogaserzeugung, erfolgt anhand von Richtwerten des VDLUFA-Standpunktes Humusbilanzierung (Körschens et al., 2004). Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojektes (FNR, FKZ 220-130-10) wurde im Land Brandenburg (Landkreis Havelland) im Jahr 2011 ein statischer Feldversuch angelegt, um diese Kennwerte mit Versuchsergebnissen zu unterlegen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf der Versuchsstation Berge (BP: 38 – 47; anlehmiger Sand; 9,6 °C; 516 mm) als einfaktorielle randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Geprüft wurden vier flüssige (fl) und ein festes (fst) Gärprodukt (GP) aus Mono- (mo) und Kofermentationsanlagen (ko) sowie die Referenzen mineralische Stickstoffdüngung (KAS), Stallmist und Rindergülle.

Die organisch gedüngten Varianten erhielten die gleiche Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff (C_{org}), entsprechend einer praxisüblichen Stallmistgabe von $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, und alle Düngungsvarianten an Gesamtstickstoff (N_t). Der bodenchemische Status wurde vor Versuchsbeginn analysiert, wo homogene Ausgangsbedingungen vorlagen (Tab. 1), sowie jeweils nach der Ernte im Frühjahr und im Herbst.

Tab. 1: Bodenchemischer Status zu Versuchsbeginn (0 – 20 cm, Mittelwerte)

| C_t | N_t [% TM] | C_{org} | C_{hwl} | $NO_3^- \text{-N}$ | $NH_4^+ \text{-N}$ [mg 100 g ⁻¹] | P_{DL} | K_{DL} | pH [] |
|-------|-----------------|-----------|-----------|--------------------|---|----------|----------|-----------|
| 0,79 | 0,08 | 0,69 | 40,99 | 1,16 | 0,17 | 13,61 | 10,93 | 5,56 |

Die Fruchtfolge bestand aus Silomais – Grünroggen / Sorghum – Grünroggen. Haupt- und Zwischenfrüchte wurden als Ganzpflanzen geerntet.

Die Zusammensetzung der organischen Düngestoffe war heterogen (Tab. 2).

Tab. 2: Zusammensetzung der organischen Düngestoffe (Mittelwerte)

| Düngestoffe | C_t | C_{org} [% TM] | N_t | $NH_4^+ \text{-N}$ | TS [% FM] | σTS [% TM] | pH [] |
|-------------|-------|---------------------|-------|--------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| GP 1 fl_ko | 40,1 | 37,9 | 7,5 | 4,4 | 4,8 | 69,0 | 7,7 |
| GP 2 fl_ko | 41,6 | 39,1 | 6,8 | 3,6 | 6,2 | 72,3 | 7,8 |
| GP 3 fl_ko* | 41,1 | 40,1 | 8,1 | 4,9 | 6,2 | 65,9 | 8,1 |
| GP 4 fl_mo | 47,3 | 45,3 | 7,6 | 4,9 | 7,8 | 79,0 | 8,1 |
| GP 5 fst_ko | 40,4 | 39,0 | 2,4 | 0,9 | 22,8 | 77,6 | 9,0 |
| Rindergülle | 44,9 | 43,6 | 4,3 | 2,1 | 7,5 | 82,1 | 6,8 |
| Stallmist* | 37,3 | 35,1 | 2,5 | 0,4 | 27,2 | 70,3 | 8,8 |

*Seit Frühjahr 2012 im Versuch

Zwischen den Jahren lagen bei den Gärprodukten und der Rindergülle insbesondere die Gehalte an den C-Fractionen i.d.R. auf gleichem Niveau. Lediglich der Stallmist wies, in Abhängigkeit des Rottegrades, größere Schwankungen auf.

Ergebnisse und Diskussion

Die etablierte Energiefruchtfolge ist als humuszehrend einzustufen. Die Kalkulation der Humusreproduktion der flüssigen Gärprodukte (ohne GP 3 fl_ko) nach Körschens et al. (2004), ausgehend von TS-Gehalt und Ausbringungsmenge, aufsummiert über die Versuchslaufzeit, ergab im Mittel ähnliche Werte wie für das feste Gärprodukt (943 kg ha^{-1} Humus-C bzw. 983 kg ha^{-1} Humus-C). Demgegenüber lag der Wert der Rindergülle mit 822 kg ha^{-1} Humus-C nur bei 87 % des mittleren Niveaus der flüssigen Gärprodukte. Der Humussaldo war für alle Varianten negativ. Demnach reicht selbst eine Stallmistgabe von $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ theoretisch nicht aus, um den Humusbedarf der Fruchtfolge zu decken.

Die Analyse des bodenchemischen Status ergab während der dreijährigen Versuchsdauer für die Kohlenstofffraktionen (C_t , C_{org} , C_{hwl}), den pH-Wert und die Nährstoffgehalte (P_{DL} , K_{DL}) eine zunehmende Differenzierung zwischen den Düngevarianten, bei gleichzeitig steigender Homogenität des Stickstoffstatus des Bodens.

Die Kaliumzufuhr über die organische Düngung reichte im Mittel der Varianten nicht aus, um den K_{DL} -Gehalt des Bodens in der Gehaltsklasse C zu halten. Demgegenüber wies der P_{DL} -Gehalt einen steigenden Trend auf. Der N_{min} -Gehalt des Bodens nach Grünroggen lag mit $23,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (0 – 90 cm) im Frühjahr 2012 und mit $15,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ im Folgejahr auf vergleichsweise geringem Niveau.

Der C_{org} -Gehalt des Bodens folgte in den letzten zwei Versuchsjahren in den Varianten Kontrolle, KAS, GP 3 fl_ko (flüssige Phase des GP 5 fst_ko) und Stallmist einem negativen Trend, während er bei den anderen Gärprodukt-Varianten und der Rindergülle geringfügig zunahm.

Hervorzuheben sind die Effekte der Variante GP 2 fl_ko, welche seit Herbst 2012 konstante Werte beim C_{org} -Gehalt sowie insgesamt die geringste Variabilität beim C_{hwl} -Gehalt des Bodens aufwies. Dieses flüssige Gärprodukt scheint, aufgrund seiner vergleichsweise hohen Stabilität der organischen Substanz, den höchsten Beitrag zur Humusreproduktion zu leisten. In den Varianten festes Gärprodukt und Rindergülle wies der C_{org} -Gehalt des Bodens einen ähnlichen Anstieg auf. Für beide Düngestoffe wurde im Gefäßversuch nach 140 Tagen aerober Inkubation annähernd das gleiche Niveau der C-Mineralisierung festgestellt (Krieger et al., 2013).

Diese ersten Ergebnisse bilden einen teilweisen Widerspruch zu dem nach dem VDLUFA-Standpunkt bilanzierten negativen Humussaldo, nach dem der Humus- und damit der C_{org} -Gehalt des Bodens hätte abnehmen müssen. Folglich scheinen die Gärprodukte eine stabilere C-Zusammensetzung aufzuweisen als ursprünglich im VDLUFA-Standpunkt angenommen. Allerdings sind weiterführende Versuche mit längeren Zeitreihen notwendig, um die C-Dynamik des Bodens unter Gärproduktdüngung entsprechend bilanzieren zu können. Der Feldversuch wird 2014 fortgesetzt.

Literatur

- Körschens M., Rogasik J., Schulz E., Böning H., Eich D., Ellerbrock R., Franko U., Hülsbergen K.-J., Köppen D., Kolbe H., Leithold G., Merbach I., Peschke H., Prystav W., Reinhold J., Zimmer J., Ebertseder Th., Gutser R., Heyn J., Sauerbeck D. (2004): Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland, VDLUFA-Standpunkt
- Krieger J., Fischer N., Nielsen K., Sensel K., Ellmer F. (2013): Einfluss verschiedener Gärprodukte auf die Kohlenstoffdynamik des Bodens. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 25:140-141

Optimierung der Düngung von Wintergerste durch Einsatz von Pflanzensensoren

A. Spicker, F.-X. Maidl

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: andreas.spicker@tum.de

Einleitung

Wintergerste (*hordeum vulgare*) ist mit einem Anbauumfang von 1,2 Mio ha nach Winterweizen die zweitwichtigste Getreideart in Deutschland. Der Großteil der Ernte wird als Futtergetreide verwertet. Die Düngeverordnung erlaubt einen maximalen N-Saldo von 60 kg N ha⁻¹ im Mittel von drei Jahren, um einen möglichst effizienten Einsatz von N-Düngern zu erzielen und einen übermäßigen N-Einsatz zu reduzieren. Um die Düngung von Wintergerste zu optimieren wurde an der TU München ein sensorbasiertes Dünagesystem entwickelt, das für die Berechnung der optimalen Düngermenge neben der N-Aufnahme der Ackerkultur auch die Ertragsfähigkeit des Standortes berücksichtigt. Dieses System wurde 2013 in Streifenversuchen getestet.

Material und Methoden

Seit 2002 werden an der TU München auf mehreren Standorten unterschiedlicher Ertragsleistung N-Düngungsversuche mit bis zu 18 N-Stufen durchgeführt. Die Gesamtdüngermenge der einzelnen Parzellen reichte von 0 kg N ha⁻¹ in der Kontrollparzelle bis maximal 260 kg N ha⁻¹. Weiterhin variierten die einzelnen N-Stufen in der Andüngung sowie Verteilung der Düngermenge zu EC 32 und EC 39. Zu den wichtigen Entwicklungsstadien wurden der Biomasseaufwuchs und die N-Aufnahme bestimmt. Parallel zur Probenahme erfolgten Reflexionsmessungen durch ein handgetragenes Spektrometer. Zur Ernte wurde der Kornertrag und sämtliche Ertragsparameter bestimmt. Die Ergebnisse wurden durch geeignete Verrechnung der Daten zu einem Dünagesystem zusammengeführt, mit dem eine sensorgesteuerte Teilschlagdüngung möglich ist. Der Test des Systems erfolgte in einem Streifenversuch mit unterschiedlichen Ertragszonen. Als Vergleich diente eine nach der Officialberatung gedüngte Variante sowie ein Mapping-Ansatz. Die Beerntung erfolgte im Kerndruschverfahren mit einem Parzellenmähdrescher.

Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß erhöhte sich in den Parzellenversuchen der Kornertrag mit steigender N-Düngermenge. Ab etwa 160 kg N ha⁻¹ waren keine signifikanten Ertragssteigerungen mehr zu erkennen. Hohe Kornerträge waren häufig in Parzellen mit kräftiger Andüngung zu VB (70 – 90 kg N ha⁻¹) zu beobachten. Gleichzeitig war es von Vorteil die Gaben zu EC 32 und EC 39 bis EC 49 nicht zu hoch zu bemessen. Über die N-Aufnahmen der Gerste auf den unterschiedlichen Standorten konnten für jedes Ertragspotential optimale N-Aufnahmekurven berechnet werden. Diese unterscheiden sich bei zwei (zz)- und mehrzeiliger (mz) Gerste darin, dass die N-Aufnahme bei zz Gerste bereits ab dem Zweiknotenstadium deutlich ansteigt, während bei mz Gerste die N-Aufnahme etwas später (EC 49) beginnt.

Diese N-Aufnahmekurven dienen der Berechnung des benötigten Düngebedarfs. Um diesen zu ermitteln, wird die aktuelle N-Aufnahme des Pflanzenbestandes mit der zum jeweiligen Entwicklungsstadium optimalen N-Aufnahme verglichen. In die

Berechnung fließt die Wirkungsdauer des Düngerstickstoffs; die N-Immobilisierung, die N-Mineralisierung sowie die N-Ausnutzung als Faktor DIMA ein.

Wie die Ergebnisse des Streifenversuchs zeigen, konnte durch eine standortangepasste Düngung im Mapping Ansatz die Düngermenge von 190 kg N ha⁻¹ (einheitlich nach Officialberatung) auf 170 kg N ha⁻¹ (Mapping) gesenkt werden. Mit dem Einsatz eines Reflexionssensors und unserer Algorithmen reduzierte sich die N-Menge nochmals um knapp 30 kg N ha⁻¹. Trotz der deutlichen N-Einsparung unterschieden sich die Kornerträge nicht; alle Düngevarianten erreichten Kornerträge zwischen 76 dt ha⁻¹ und 77 dt ha⁻¹. Die reduzierte Stickstoffmenge bei leicht höheren Erträgen führte in den Mappingvarianten zu einer um 50 € ha⁻¹ höheren N-Kostenfreien Leistung (NKfL) als in den Vergleichsparzellen des Betriebs. Mit Sensorunterstützung war die NKfL um 70 € ha⁻¹ höher. Mit dem Düngesystem Gerste wurde das Ziel einer ausgeglichenen N-Versorgung erreicht. Während eine betriebseinheitliche Düngung einen N-Saldo von 50 kg N ha⁻¹ verursachte (Abb. 1), so wurde im Mappingansatz und der Sensorvariante 30 N ha⁻¹ bzw. 13 N ha⁻¹ über Kornentzug gedüngt.

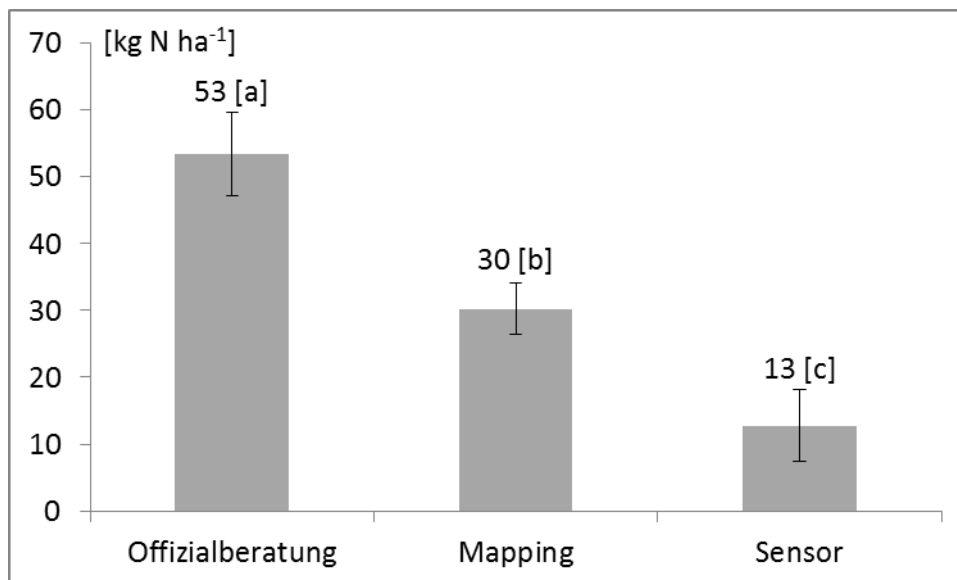


Abb. 1: Entwicklung der N-Bilanz von Wintergerste unter verschiedenen Düngevarianten im Streifenversuch Roggenstein, Jahr 2013

Literatur

- Ayala-Silva, T., Beyl., C. A. (2005): Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. *Advances in space research*, 35: 305-317
- Behrens, T., Müller, J., Diepenbrock, W. (2006): Utilization of canopy reflectance to predict properties of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) during ontogenesis. *European Journal for Agronomy* 25: 345-355
- Zhao, B. (2014): Determining of a critical N-dilution curve for plant nitrogen concentration in winter barley. *Field Crops Research* 160: 64–72

Winterrüben - Modellierung der Temperatur des Rübenkopfes und deren Anwendung in der Risikoabschätzung für Frosttod

Eric Reinsdorf, Heinz-Josef Koch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; E-Mail: koch@ifz-goettingen.de

Einleitung

Der Anbau von Winterrüben in Mitteleuropa setzt eine hohe Frosttoleranz voraus. Eine verlässliche Ausfallrisikovorhersage für potentielle Anbauregionen ist unerlässlich. Die Ziele dieser Studie bestanden darin, (i) die Lethaltemperatur des Rübengewebes als Indikator für Frostschädigung zu bestimmen, (ii) ein Regressionsmodell zur präzisen Berechnung der Rübengewebetemperatur aus Witterungsparametern zu entwickeln, und (iii) eine Ausfallrisikobewertung für 4 mitteleuropäische Zuckerrübenanbauregionen vorzunehmen.

Material und Methoden

In Feldversuchen bei Göttingen und Kiel wurde in den Wintern 2009/10, 2010/11 und 2011/12 die Lufttemperatur über dem Bestand und an der Bodenoberfläche, die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe sowie die Temperatur im Rübenkopfgewebe gemessen; außerdem wurden die Überlebensraten nach Winter bestimmt. Damit wurde die Lethaltemperatur des Rübenkopfgewebes ermittelt sowie ein Regressionsmodell entwickelt, um die Temperatur des Rübenkopfgewebes aus allgemein verfügbaren Witterungsdaten abzuschätzen. Abschließend wurde eine Ausfallrisikobewertung basierend auf historischen Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienstes für die Standorte Göttingen, Kiel, Köln und Regensburg vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Überlebensraten hingen stark von den Umweltbedingungen und dem max. Rübendurchmesser ab. Als verlässlicher Indikator für Frosttod erwies sich eine Rübenkopfgewebetemperatur von -6 °C . Diese ließ sich hinreichend genau mittels eines Regressionsmodells mit den Parametern mittlere Temperaturen der Luft und des Bodens in -5 cm (aktuelle Tages- und Vortageswerte), Schneehöhe des Tages und deren 2-facher Wechselwirkungen schätzen. Die Abschätzung des Ausfallrisikos von vier Beispielstandorten mit unterschiedlichen Klimaverhältnissen zeigte ein hohes Auswinterungsrisiko (15-35 %) für mitteleuropäische Anbauregionen. Einzig an Standorten wie Köln, die sich durch eine milde Winterwitterung auszeichnen, erschien mit einem deutlich geringeren Ausfallrisiko von 5-10 % ein kommerzieller Anbau nicht gänzlich ausgeschlossen.

Der hier präsentierte Ansatz zur modellgestützten Ausfallrisikobewertung erwies sich als sehr vielversprechend. Jedoch bedarf es einer Weiterentwicklung hinsichtlich der Präzision der Schätzwerte für die Rübengewebetemperatur sowie der Bestimmung der exakten Lethaltemperatur optimal großer Rübenkörper.

Literatur

Reinsdorf, E., Koch, H.-J., 2013. Modeling crown temperature of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. *Agric. For. Met.*, 182-183, 21-30.

Winterrüben – Mechanismen der Winterhärte von Zuckerrüben

Jens Loel, Christa Hoffmann

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen.
E-Mail: hoffmann@ifz-goettingen.de

Einleitung

Eine Steigerung der Erträge von Zuckerrüben ist notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen landwirtschaftlichen Kulturen zu erhalten. Von im Herbst gesäten Zuckerrüben, sogenannten Winterrüben, wird erwartet, dass sie höhere Erträge produzieren als im Frühjahr gesäte Zuckerrüben. Um diese höheren Erträge realisieren zu können, müssen die Pflanzen Frostperioden im Verlauf des Winters überstehen. Es wird angenommen, dass ein optimales Entwicklungsstadium vor dem Winter sowie eine Akkumulation verschiedener potenziell frostschtzender Inhaltsstoffe in Rübe und Blatt zur Verbesserung der Winterhärte beitragen.

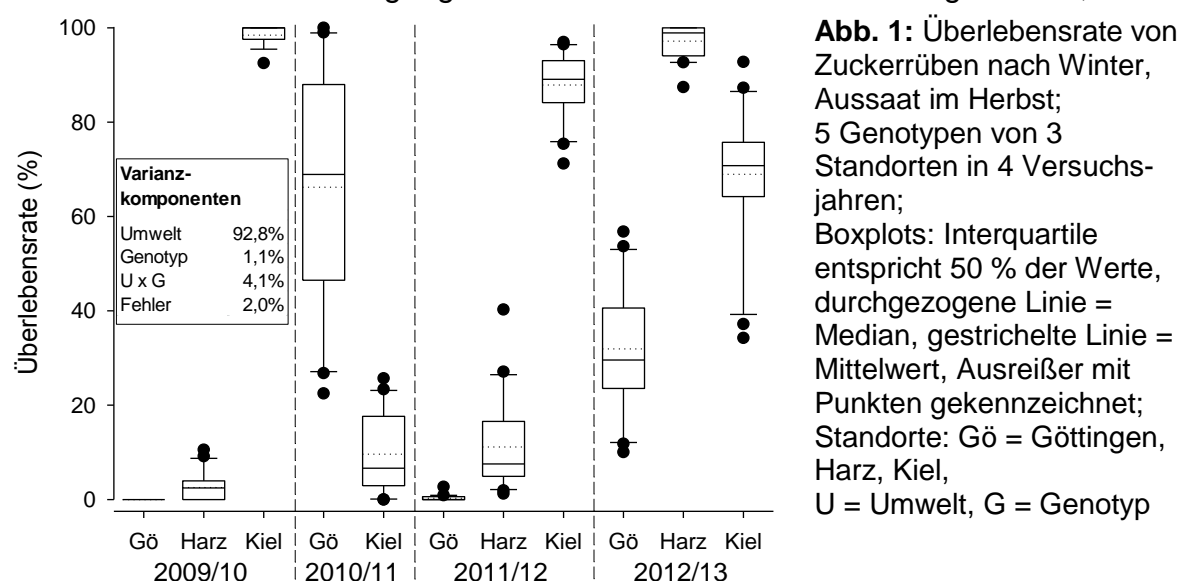
Material und Methoden

Es wurden Feldversuche von 2009 bis 2012 an 3 Standorten (Göttingen, Kiel, nördliches Harzvorland) mit 5 verschiedenen Zuckerrübenhybriden mit Aussaat im Herbst angelegt. Vor Winter wurden 2 Ernten durchgeführt; im März die Überlebensrate festgestellt. Zusätzlich wurden Gewächshausversuche durchgeführt, um zu untersuchen, ob es einen Akklimatisationsprozess von Zuckerrüben an tiefe Temperaturen gibt. Bei der Ernte wurden der Trockenmasseertrag sowie verschiedene Inhaltsstoffe in Rübe und Blatt ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden signifikante Unterschiede in der Überlebensrate nach Winter zwischen den verschiedenen Umwelten festgestellt, die auf Frostereignisse während des Winters sowie die unterschiedliche Vorwinterentwicklung zurückzuführen waren (Loel und Hoffmann, 2014a). Dagegen waren nur an vier Standorten signifikante genotypische Unterschiede festzustellen (Abb. 1).

Unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus wurde nachgewiesen, dass es



einen Abhärtungsprozess bei Zuckerrüben gibt (Abb. 2). Dabei kam es zu einer Erhöhung des Trockenmassegehaltes und der Osmolalität. Außerdem wurden Raffinose, Glutamin, Betain und Prolin akkumuliert. Da im Verlauf der Rübenentwicklung der Gehalt der meisten Inhaltsstoffe (bis auf Zucker) sinkt, könnte die Erhöhung der Gehalte auf einen Mechanismus der Frosttoleranz hindeuten (Loel und Hoffmann, 2014b).

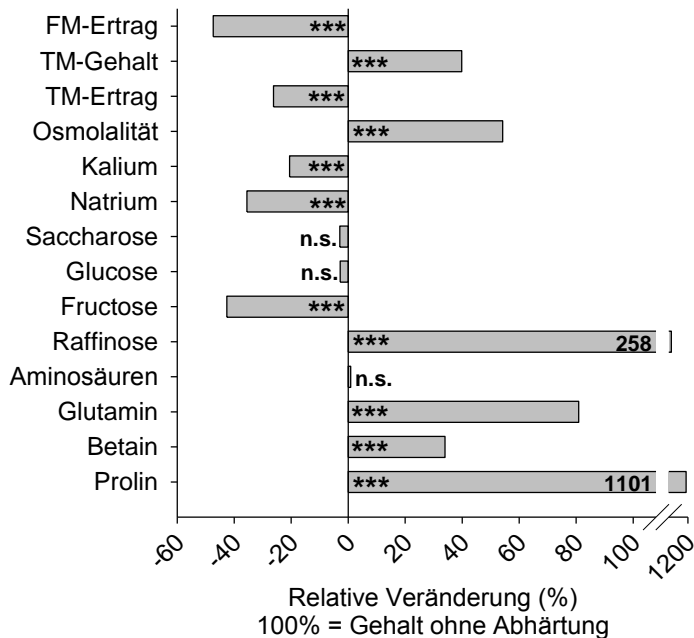


Abb. 2: Anpassungsreaktion von Zuckerrüben an niedrige Temperatur; Gewächshausversuch: Mittel von 5 Zuckerrüben genotypen, Gehalte bezogen auf TM, 12 Wochen alte Pflanzen, Abhärtung: 14 d bei 4 °C und 12 h Licht, Kontrolle ohne Abhärtung bei 20 °C = 100 %; Effekt der Abhärtung: *** signifikant bei $p \leq 0.001$; n.s. nicht signifikant

Im Feldversuch zeigte sich, dass von den potentiell frostschtzenden Substanzen die Erhöhung des Trockenmassegehaltes und der Osmolalität einen signifikant positiven Einfluss auf die Überlebensrate nach Winter hatten. Auch eine Akkumulation von Betain und Glutamin trug zur Erhöhung der Überlebensrate bei. Keinen positiven Einfluss auf die Überlebensrate hatten dagegen Raffinose und Prolin. Daher wird vermutet, dass diese Stoffe keinen direkten Effekt auf die Winterhärte haben, sondern eher als Indikatoren für Froststress angesehen werden können.

| Inhaltsstoffe/ Parameter | Spearman's Korrelation mit der Überlebensrate | |
|--|--|------|
| | - Korrelationskoeffizient - | |
| TM-Gehalt (%) | 0,36 | ** |
| Osmolalität (mOsmol kg ⁻¹ FM) | 0,27 | * |
| Raffinose (mmol kg ⁻¹ FM) | -0,59 | *** |
| Betain (mmol kg ⁻¹ FM) | 0,53 | *** |
| Glutamin (mmol kg ⁻¹ FM) | 0,23 | * |
| Prolin (mmol kg ⁻¹ FM) | -0,02 | n.s. |

Tab. 1: Korrelation der Überlebensrate von Zuckerrüben nach Winter mit Inhaltsstoffen in der Rübe, 4 Feldversuche (Göttingen, Kiel, 2010 und 2012), 5 Genotypen, Aussaat: August, Ernte: Oktober/ November, Werte relativ zum Umweltmittel; *, **, *** signifikant bei $p \leq 0,05$, 0,01 bzw. 0,001; n.s. nicht signifikant

In weiteren Versuchen muss jedoch noch der funktionelle Zusammenhang dieser Inhaltsstoffe und Parameter mit der Winterhärte nachgewiesen werden.

Literatur

- Loel, J., Hoffmann, C.M. 2014 a: Importance of growth stage and weather conditions for the winter hardiness of autumn sown sugar beet. *Field Crops Res.* 162, 70-76
- Loel, J., Hoffmann, C.M. 2014 b: Relevance of osmotic and frost protecting compounds for the winter hardiness of autumn sown sugar beet. *J. Agron. Crop Sci.*, DOI: 10.1111/jac.12083

Winterrüben - Ertrag schossender Genotypen in Abhängigkeit von Bestandesdichte, Genotyp und Umwelt

Heinz-Josef Koch, Eric Reinsdorf, Jens Loel, Christa Hoffmann

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; E-Mail: koch@ifz-goettingen.de

Einleitung

Rübenkörper und Schosstriebe von Winterzuckerrüben können ein günstiges Substrat zur Biogasproduktion darstellen. Allerdings fehlen belastbare Daten zum Ertrag dieser Produktionsverfahren. Deshalb wurde der Einfluss von Bestandesdichte, Genotyp und Umweltbedingungen auf den Gesamttrockenmasseertrag von überwinterten und im Frühjahr schossenden Zuckerrüben geprüft. Ein signifikanter Mehrertrag insbesondere des Schosstriebes wurde von dessen Ernte, d. h. Rückschnitt, nach Blüte im Juni und einer finalen Ernte der Gesamtpflanze im Juli erwartet.

Material und Methoden

In 2009/10, 2010/11 und 2011/12 wurden drei Feldversuchsserien mit (i) drei Ziel-Bestandesdichten (148.000, 246.000 und 370.000 Pflanzen/ha) und (ii) drei unterschiedlichen Zuckerrüben-Genotypen an den Standorten Göttingen und Kiel durchgeführt. Ergänzend wurden (iii) fünf Zuckerrüben-Genotypen mit zwei Ziel-Bestandesdichten (148.000, 246.000 Pflanzen/ha) in 2011/12 geprüft, um die Beziehung zwischen dem Rübenkörperdurchmesser und dem Ertrag von Rübenkörper und Schosstrieb im Juni/Juli zu quantifizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gesamttrockenmasseertrag variierte beträchtlich zwischen 4 und 23 t/ha. Seine Höhe war vor allem durch die Umweltbedingungen und in wesentlich geringerem Ausmaß durch die Bestandesdichte bestimmt. Zunehmende Bestandesdichte steigerte den Ertrag, so dass er bei einer Dichte von ≥ 300.000 Pflanze/ha signifikant am höchsten war. Genotypische Effekte waren vernachlässigbar gering. Ein Rückschnitt im Juni erhöhte den Ertrag um ca. 8 t/ha nur in einer von drei Umwelten. Der Gesamttrockenmasseertrag bei Ernte im Juni (ohne Rückschnitt) und Juli (mit Rückschnitt) korrelierte positiv mit den kumulierten Werten von Temperatur und Globalstrahlung sowie dem Rübenertrag vor Winter. Der Ertrag von Rübenkörper, Schosstrieb (1., 2.) und Gesamtpflanze im Juni und Juli waren positiv mit dem Rübenkörperdurchmesser zum jeweiligen Zeitpunkt korreliert.

Durch den Anbau von schossenden Winterzuckerrüben kann ein ähnlich hoher Ertrag wie mit etablierten Winterkulturen zur Produktion von Biogassubstrat (GPS-Getreide) nur unter günstigen Bedingungen (Witterung, Pflanzengröße) erzielt werden. Ein hoher Ertrag erfordert eine gute Vorwinterentwicklung, die jedoch im Widerspruch zu einer eher kleinen Pflanzengröße steht, die für eine hohe Frosthärte notwendig ist. In Mitteleuropa erscheint dieser Zielkonflikt derzeit nicht auflösbar.

Literatur

Reinsdorf, E., H.-J. Koch, J. Loel, C.M. Hoffman, 2014. Yield of bolting winter beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by plant density, genotype and environment. *Europ. J. Agronomy* 54, 1-8.

Yield potential of winter beet: Evaluation of risks and chances by means of a simulation model

H. Stephan, U. Böttcher, H. Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung/Christian-Albrechts-Universität, Kiel
E-Mail: kage@pflanzenbau.uni-kiel.de

Introduction

Currently breeders are interested to develop sugar beets capable to be sown in autumn, so called winter beets. These winter beets stay over winter in the field and may provide a fast regrowth in spring from assimilates stored within the beet. This allows an earlier leaf growth and light interception in spring and may result in higher yield and/or earlier harvest. But the demand for water supply also may be higher and drought stress may become more severe. Because current varieties start bolting in spring after overwintering and non-bolting winter sugar beet variety not yet exist potential yield advantages of non-bolting winter beets can only by simulation modelling.

Material and Methods

We developed and validated a modified dynamic growth model to simulate the potential yield of non-bolting winter beets. The model bases on a light use (LUE) efficiency approach to simulate plant growth considering leaf loss due to frost and frost killing for winter beets. A scenario analysis was performed for 5 sites across Germany for the years 1998 – 2010 (Tab. 1). Three types of sugar beet were simulated: conventional sugar beet (CB), non-bolting winter beet (WB), frost-sensitive non-bolting winter beet (WBfs) with more leaf loss over winter due to frost.

The sowing date is assumed for the WB & WBfs depending on the site to be Aug. 15th. (Hohenschulen, Regensburg) or Aug. 31st. (Geilenkirchen, Hannover, Magdeburg). In case of years with frost killing of WB & WBfs a second sowing of CB at Apr. 1st. was assumed to reduce the yield loss. All beet types are harvested at Oct. 23rd.

Tab. 1: Site conditions for scenario calculations

| Site | Soil type | Mean temperature [°C] | Precipitation [mm] |
|---------------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| Geilenkirchen (Gei) | Ls4 | 10.9 | 783 |
| Hannover (Han) | Sl4 | 9.6 | 663 |
| Hohenschulen (Hoh) | Sl4 | 8.9 | 776 |
| Magdeburg (Mag) | Ut3 | 9.9 | 537 |
| Regensburg (Reg) | Ls4 | 9.2 | 665 |

Results and Discussion

Both winter beet types develop in spring earlier leaf area than the conventional sugar beet. This results in higher taproot dry matter yields compared to CB (Fig. 1). In average the yield surplus is for WBfs 22.3% and for WB 27.3% compared to CB. The evapotranspiration is cumulated from August until October the next year. The absolute water consumption for cumulated evapotranspiration is for both types of winter beet higher (mean over all sites WB 656 l m⁻² WBfs 654 l m⁻²) than for CB (mean over all sites 584 l m⁻²) (Fig. 2). The mean precipitation at the sites Magdeburg and Hannover is nearly as high as the evapotranspiration.

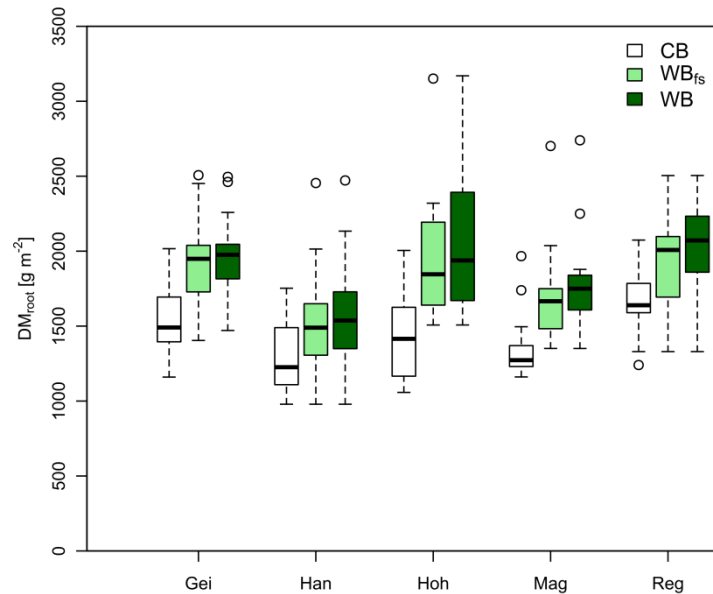


Fig. 1: Box-Whisker-Plots for the taproot dry matter yields (DM_{root}) of the three types of conventional beet (CB), non-bolting winter beet (WB) and frost-sensitive non-bolting winter beet (WB_{fs}) .

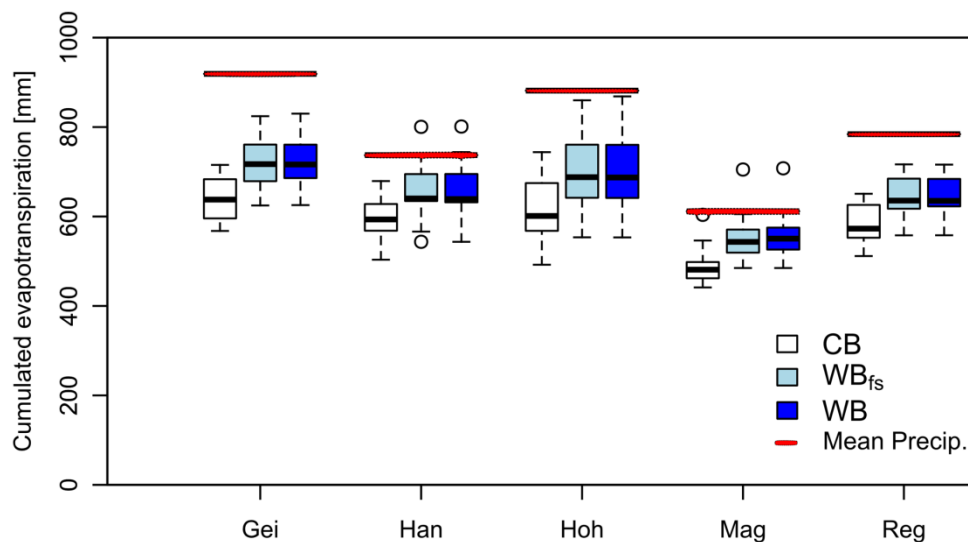


Fig. 2: Box-Whisker-Plot for evapotranspiration of conventional beet (CB), non-bolting winter beet (WB) and frost-sensitive non-bolting winter beet (WB_{fs}) from August until October of the following year and the mean precipitation.

Conclusions

The simulation study shows that non-bolting winter beet could be one option to increase the yield level. Higher yields are accompanied by a further increased water demand. This may lead at some sites to problems for the following crop. The model used neglects yield reductions by pests and diseases which may decrease the economic advantages of winter beet.

Winterrüben – potenzieller Ertrag bei verlängerter Wachstumszeit

Katharina Schnepel, Christa Hoffmann

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen,
E-Mail: schnepel@ifz-goettingen.de

Einleitung

Es wird erwartet, dass der Ertrag von Winterzuckerrüben auf Grund der höheren Lichtinterzeption des Bestandes im Frühjahr deutlich höher ist als bei Zuckerrüben, die im Frühjahr gesät werden. Dies setzt voraus, dass Zuckerrüben bei längerer Wachstumsdauer kontinuierlich weiter wachsen. Im Feld ist es nicht möglich, Zuckerrüben bei langer Vegetationsperiode anzubauen, ohne dass diese nach einer Vernalisation im Frühjahr schossen. Daher ist nicht klar, ob Zuckerrüben überhaupt das Ertragspotenzial haben, um diesen theoretischen Ertragszuwachs generieren zu können. Das Ertragspotenzial einer Pflanze ist der Ertrag, den eine Pflanze unter optimalen Wachstumsbedingungen realisieren kann (*Evans und Fischer, 1999*). Das Ziel der Untersuchung war es daher, die Entwicklung verschiedener Ertragsparameter und des Zuckergehaltes von Zuckerrüben bei einer Wachstumszeit von mehr als 200 Tagen im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen zu analysieren.

Material und Methoden

Von 2008 bis 2012 wurde ein Gefäßversuch (30 l Töpfe mit 42 kg Sand) im Gewächshaus durchgeführt, bei dem in Abständen von drei Monaten insgesamt 11 Aussaaten sowie fortlaufende Ernten durchgeführt wurden. Die längste Wachstumsdauer lag bei 859 Tagen. Da sich erst im Verlauf des Versuches zeigte, dass das Raumangebot im Gefäß bei einer Pflanzendichte von 2 Pflanzen pro Gefäß zu gering war, wurden die Zuckerrüben der ersten bis dritten Aussaat auf zwei und die Rüben der folgenden Aussaattermine auf eine Pflanze pro Gefäß vereinzelt. Die Wachstumsbedingungen wie Einstrahlung, Wasser- und Nährstoffversorgung sowie der Pflanzenschutz waren während des gesamten Versuches optimal und konstant. Die Temperaturen wurden im Mittel bei 19 bis 21 °C gehalten, sodass kein Vernalisationsreiz ausgelöst wurde. Bei der Ernte wurden die Frisch- und Trockenmasseerträge von Blatt und Rübe bestimmt, an der breitesten Stelle des Rübenkörpers wurde der Durchmesser der Rüben, die Anzahl der Kambiumringe und der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kambiumringen gemessen. Außerdem wurden die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe (Zuckergehalt, Kalium, Natrium, Amino-N), der daraus resultierende Bereinigte Zuckerertrag berechnet, sowie der Markgehalt analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Rübenfrischmasse und der Bereinigte Zuckerertrag nahmen mit steigender Wachstumsdauer bis zu 859 Tage nach der Aussaat kontinuierlich zu. Die Blattfrischmasse stieg dagegen nur bis 600 Tage nach der Aussaat an. Obwohl die Frischmasse des Blattes bis zum Ende der Wachstumsperiode wieder abnahm, stieg der Rübenenertrag weiter an. Dies deutet darauf hin, dass die Assimilation kein ertragsbegrenzender Faktor bei verlängerter Wachstumszeit ist. Die Anzahl der

Kambiumringe ist positiv mit dem Zuckergehalt korreliert und hat damit einen entscheidenden Einfluss auf die Ertragsbildung von Zuckerrüben (*Artschwager*, 1930). Trotz des steigenden Rübendurchmessers nahm die Anzahl Kambiumringe allerdings nicht zu. Dies deutet auf eine begrenzte Fähigkeit zur Bildung neuer Kambiumringe hin (*Hoffmann*, 2006). Die Zuckereinlagerung in der Rübe erfolgt über Diffusion vom Phloem zum Speicherparenchym zwischen den Kambiumringen. Folglich ist auch der Abstand zwischen den Kambiumringen von besonderer Bedeutung für die Zuckerspeicherung (*Wyse*, 1979). Das heißt, je größer der Abstand zwischen den Kambiumringen, desto größer ist die Diffusionsstrecke und desto geringer die Zuckereinlagerung in die Zellen. Da keine neuen Kambiumringe gebildet wurden und der Abstand zwischen den Ringen zunahm, stieg der Zuckergehalt in der Frischmasse nur bis zu 300 Tagen nach der Aussaat auf 18 % an und sank dann bis zum Ende der Wachstumsperiode auf 12 % ab. Während der langen Wachstumsperiode kam es außerdem zu kontinuierlichem Blattwechsel, sodass sich ab 400 Tage nach der Aussaat ein neues rübenartiges Gewebe, der "Rübenhals" gebildet hat. Dieser Rübenhals hatte einen sehr geringen Zucker- bei hohem Markgehalt, sodass er für die Verarbeitung in der Zuckerfabrik wenig geeignet ist.

Eine verlängerte Wachstumszeit von mehr als 200 Tagen würde demnach zwar nicht zu einer Erhöhung des Zuckergehaltes, allerdings über den Rübenertrag zu einem kontinuierlichen Anstieg des Bereinigten Zuckerertrages führen. Die theoretische errechnete Ertragssteigerung beim Anbau von Winterzuckerrüben könnte somit realisiert werden. Voraussetzung hierfür sind allerdings schossfeste und winterharte Zuckerrüben, die bisher aber noch nicht für den kommerziellen Anbau zur Verfügung stehen.

Literatur

- Artschwager, E. (1930): A study of the structure of sugar beets in relation to sugar content and type. *Journal of Agricultural Research* 40, 897-915.
- Evans, L.T. Fischer, R. A. (1999): Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Science* 39, 1544-1551.
- Hoffmann, C. (2006): Physiologische Grundlagen des Ertragspotenzials von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 131, 24-31.
- Wyse, R. (1979): Parameters Controlling Sucrose Content and Yield of Sugarbeet Roots. *Journal of the American Society of Sugarbeet Technologists* 20, 368-385.

Winterrüben – Bewertung der Ressourceneffizienz im Rahmen einer Technikfolgenabschätzung für den Winterrübenanbau

Nicol Stockfisch¹, Jens Loel¹, Susanne Ohl², Eric Reinsdorf¹, Helge Stephan³ und Christa Hoffmann¹

¹Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen; ²Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, CAU Kiel; ³Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel.
E-Mail: stockfisch@ifz-goettingen.de

Einleitung

In Deutschland können Winterrüben im August gesät und theoretisch im Sommer oder Herbst des darauffolgenden Jahres geerntet werden. Die Vegetationsperiode von Winterrüben beträgt somit je nach Erntetermin zwischen 12 und 14 Monaten, während im Frühjahr gesäte Zuckerrüben (Sommerrüben) etwa 7 Monate wachsen. Diese längere und veränderte Vegetationsperiode von Winterrüben bietet Vor- und Nachteile.

Bevor es zu einem umfangreicheren Anbau von Winterrüben in der Praxis kommt, wurde im Rahmen einer Technikfolgenabschätzung untersucht, ob es Auswirkungen auf die Umwelt, die Anbaufläche, den landwirtschaftlichen Betrieb oder auf die Rohstoff abnehmenden Unternehmen gibt (Tab.1). Ziel war es, ökologische und ökonomische Aspekte des Anbaus von Winterrüben im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu bewerten.

Tab. 1: Bestandteile der Bewertungsmatrix für die Technikfolgenabschätzung des Winterrübenanbau, Auswirkungen der Anbaugestaltung auf verschiedene Bereiche

| Gestaltung des Anbauverfahrens (Termin und/oder Intensität) | Auswirkungen des Anbauverfahrens auf der Ebene | | | |
|--|--|--|--|--|
| | Umwelt | Feld | landwirtschaftl. Betrieb | Rohstoff abnehmendes Unternehmen |
| Zwischenfrucht | Boden | Vorfrucht-/ Nachfrucht-Effekte der Winterrüben | Kosten | Rohstoffverfügbarkeit |
| Bodenbearbeitung | Wasser | Fruchtfolge | Arbeitsorganisation im Betrieb | Rohstoffpreis |
| Düngung | Biodiversität | Interaktion mit benachbarten Zuckerrüben-Feldern | relative Vorzüglichkeit gegenüber anderen Kulturen | Verwertungsmöglichkeiten ¹ Rohstoff |
| Pflanzenschutz | Treibhausgas-Emissionen | | | Einzugsgebiet / Transportentfernung |
| Ernte | Aufwand nicht erneuerbare Ressourcen | | | |
| Ertrag | | | | |

¹ Rübenkörper von Winter- oder Sommerrüben zur Zucker-, Ethanol- oder Biogasproduktion; geschosste Winterrüben zur Biogasproduktion

Methoden

Gegenstand der Bewertung war ein Vergleich des Anbaus schossender und nicht-schossender Winterrüben einerseits mit dem Sommerrübenanbau andererseits. Die Ausgestaltung des Winterrübenanbaus wurde aufgrund der ersten Erfahrungen im Verbundprojekt theoretisch bzw. modellhaft konzipiert. Für den Sommerrübenanbau wurde darauf geachtet, dass Ausgestaltung und Intensität in etwa der aktuellen, durchschnittlichen Anbaugestaltung in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland entsprechen (Stockfisch et al. 2013; Buhre et al. 2011). Für das Winterrüben-Anbauverfahren wurde die Intensität der Maßnahmen gegenüber dem Sommer-rübenanbau nur in begründbaren Ausnahmefällen verändert. Grundsätzlich wurde zunächst versucht, eine gute Anpassung an die Vegetationsperiode der Winterrüben dadurch zu erreichen, dass bevorzugt die terminliche Durchführung der Arbeiten angepasst wurde.

Es konnten keine Erträge für nicht-schossende Winterrüben in Feldversuchen ermittelt werden, da bislang keine schossfesten Pflanzen für den 2-jährigen Feld-anbau zur Verfügung stehen. Daher wurden Erträge für nicht-schossende Winterrüben mit einem Pflanzenwachstumsmodell berechnet (Stephan et al. 2012). Für schossende Winterrüben sind Ganzpflanzenerträge aus Feldversuchen an mehreren Standorten und in mehreren Jahren verfügbar (Reinsdorf et al. 2014; Hoffmann & Kluge-Severin 2011).

Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich der Anbauverfahren zwischen Winter- und Sommerrüben zeigte nur geringe Unterschiede in der Intensität. Die Pflanzenschutzaufwendungen waren jedoch in jedem Fall verändert und teilweise auch erhöht, bedingt durch die verlängerte Vegetationsdauer bei Winterrüben. Insgesamt zeigten sich auch einige Vorteile des Winterrübenanbaus in Bezug auf die Umweltwirkungen (verringerte Erosionsgefährdung an sensiblen Standorten, günstige Bedingungen für Boden-organismen durch längere Bodenruhe aufgrund verlängerter Vegetationszeit).

Unabhängig vom Anbauverfahren für Winter- oder Sommerrüben wirken sich Unterschiede im Pflanzenschutz oder bei der Düngung mit Grundnährstoffen besonders auf die Kosten der Verfahren aus, während eine höhere N-Düngung deutlich zum Anstieg von Treibhausgasemissionen beiträgt.

Mit dem Anbau von Winterrüben würde die Ressourceneffizienz steigen, wenn deutlich höhere Erträge erzielt würden oder die Ertragsstabilität markant anstiege. Dabei bestimmen der Standort (Temperatur, Wasserverfügbarkeit) und der Erntetermin den potenziell mit Winterrüben erzielbaren Mehrertrag.

Literatur

- Buhre, C., Bürcky, K., Schmitz, F., Schulte, M., Ladewig, E. (2011): Umfrage zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau – Sachstand und Trends (1994–2010). Sugar Industry 136, 670-677.
- Hoffmann, C. M., Kluge-Severin, S. (2011): Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. Europ. J. Agronomy 34, 1-9.
- Reinsdorf, E., Koch, H.-J., Loel, J., Hoffmann, C.M. (2014): Yield of bolting winter beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by plant density, genotype and environment. Europ. J. Agronomy 54, 1-8.
- Stephan, H., Hoffmann, C., Karge, H. (2012): Simulation der Vorwinterentwicklung von Winterrüben. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 24: 300-301.
- Stockfisch, N., Gallasch, M., Reineke, H., Trimpler, K., Mielke, C., Reiners, M., Risser, P., Schmitz, K., Märländer, B. (2013): Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten. Sugar Industry 138, 656-663.

Modelling the effects of temperature, CO₂ enrichment and water stress on photosynthetic limitations – a new approach to upscale from leaf to canopy level

Tsu-Wei Chen¹, Katrin Kahlen² und Hartmut Stützel¹

¹Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Hannover; ²Institut für Gemüsebau, Hochschule Geisenheim, Geisenheim. E-Mail: chen@gem.uni-hannover.de

Introduction

Quantitative limitation analysis (QLA) of photosynthesis is a useful method to quantify the contributions of physiological factors to photosynthetic limitations, such as limitations of stomata and mesophyll conductance to CO₂, biochemical capacity and electron transport rate. An advantage of QLA is that the interpretation of its results are straightforward: they are expressed in percentage of a reference value and the contribution of different limitations can be treated additively. Using greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) as a model crop, a novel approach, combining a functional-structural plant model (Vos *et al.*, 2010), the Farquhar-von Caemmerer-Berry model (FvCB model, Farquhar *et al.*, 1980) of photosynthesis and the QLA (Grassi and Magnani, 2005), was proposed recently (Chen *et al.*, 2014). This approach allows us to quantify the different components of photosynthetic limitations at the leaf level and to up-scale them to the canopy level. However, this study assumed constant temperatures, CO₂ concentrations and non-stress conditions. Here we extend the combined model by implementing the effects of temperature (15–35°C), CO₂ enrichment (380–650 ppm), water and salinity stress to the quantitative limitation analysis.

Materials and Methods

Leaf photosynthesis was simulated using FvCB model (Farquhar *et al.*, 1980). The cucumber-specific parameters were taken from Chen *et al.* (2014) and the temperature-dependent parameters were taken from Sharkey *et al.* (2007). Photosynthetic limitations were quantitatively partitioned into stomatal (S_L), mesophyll (M_L), biochemical (B_L) and light (L_L) limitation, represented in percentage of a reference photosynthesis rate (A_{ref} , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) under a certain ambient CO₂ concentration and leaf temperature. Since A_{ref} changes with CO₂ concentration and leaf temperature, results were represented in absolute values ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), the product of limitation (%) and A_{ref} .

Results and Discussion

The influences of environmental factors on the photosynthetic limitations were summarized in Table 1. Despite the reduction of stomatal conductance under elevated CO₂ condition, CO₂ enrichment from 380 to 650 ppm reduced S_L and M_L . Interestingly, CO₂ enrichment enhanced B_L . (Fig. 1A). S_L was more prominent under high temperature (Fig. 1B). The temperature-dependency of different limitations were changed by leaf age. For example, L_L increased with temperature in young leaves (leaf age < 20 days) but decreased with temperature in old leaves (leaf age > 25 days). Decrease in water potential in the root zone from -0.1 to -0.5 MPa due to salt resulted in a seven-fold increase of stomatal limitation, which can be compensated by CO₂ enrichment from 380 to 650 ppm (data not shown). Our results show that

QLA can be used as a heuristic tool to quantify the effects of environmental factors on physiological limitations of photosynthesis in dynamics environments.

Table 1. Influences of environmental factors on photosynthetic limitations of C_3 plants. S_L , M_L , B_L and L_L are stomatal, mesophyll, biochemical and light limitation, respectively, and A_{ref} is the reference photosynthesis rate for the quantitative limitation analysis. Limitations which might be indirectly influenced by the environmental factors are listed in the parentheses.

| Environmental factors | Related limitations | Change in A_{ref} |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Light condition | S_L , L_L (M_L) | No |
| Vapour pressure deficit | S_L | No |
| Ambient CO_2 concentration | S_L (M_L , L_L) | Yes |
| Drought/osmotic stress | S_L , M_L (B_L) | No |
| Ionic stress (salinity stress) | S_L , B_L | No |
| Temperature | S_L , M_L , B_L | Yes |

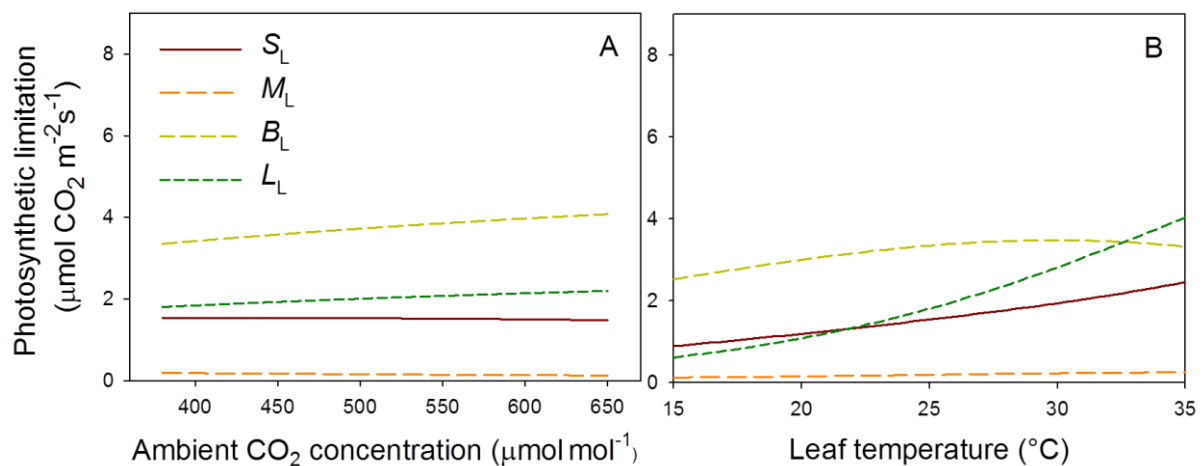


Fig. 1 (A) Simulated relationships between ambient CO_2 concentration (380–650 ppm) and photosynthetic limitations at leaf temperature = $25^\circ C$ and non-stressed condition. (B) Simulated relationships between leaf temperature (15 – $35^\circ C$) and photosynthetic limitations at ambient CO_2 concentration = 380 ppm. S_L , M_L , B_L and L_L , are stomatal, mesophyll, biochemical and light limitation, respectively. Simulations were run for a cucumber leaf on day 15 after leaf appearance, water vapour deficit = 0.87 kPa and leaf absorbed light intensity = $800 \mu mol m^{-2} s^{-1}$.

Literatur

- Chen, TW, Henke, M, de Visser, PHB, GH, Buck-Sorlin, Wiechers, D, Kahlen, K, Stützel H. 2014.** What is the most prominent factor limiting photosynthesis in different layers of a greenhouse cucumber canopy. *Annals of Botany* in press.
- Farquhar, G, von Caemmerer, S, Berry, J. 1980.** A biochemical model of photosynthetic CO_2 assimilation in leaves of C_3 species. *Planta* **149**: 78–90.
- Grassi, G, Magnani, F. 2005.** Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. *Plant, Cell and Environment* **28**: 834–849.
- Sharkey, TD, Bernacchi, CJ, Farquhar, GD, Singsaas, LE.** Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C_3 leaves. *Plant, Cell and Environment* **30**: 1035–1040.
- Vos, J, Evers, JB, Buck-Sorlin, GH, Andrieu, B, Chelle, M, de Visser, PHB. 2010.** Functional-structural plant modelling: a new versatile tool in crop science. *Journal of Experimental Botany* **61**: 2101–2115.

Der Mais kommt früher – Veränderung des Saatzeitpunktes von Silomais in der Norddeutschen Tiefebene von 1981 bis 2070

Nikolai Svoboda, Maximilian Strer und Johannes Hufnagel

Institute of Land Use Systems, Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, Germany
nikolai.svoboda@zalf.de

Einleitung

In der Norddeutschen Tiefebene ist Silomais die flächenhaft bedeutendste Frucht. Wir können beim Silomais einen signifikanten Trend in Richtung früherer Aussaattermin erkennen (-3 Tage in 10 Jahren zwischen 1981 und 2010). Studien (Menzel et al., 2006, Olesen et al., 2010) belegen diesen Trend.

Im folgenden Beitrag werden klimabedingte Veränderungen des Aussaatzeitpunktes von Silomais in der Zukunft (bis 2070) mit dem Status Quo (1981 bis 2010) verglichen und mögliche Konsequenzen für den Ackerbau beispielhaft diskutiert.

Material und Methoden

Das Klima in der Norddeutschen Tiefebene folgt einem Gradienten zunehmender Kontinentalität von Westen (ozeanisch) nach Osten (subkontinental). Die langjährige Jahresmitteltemperatur liegt bei einheitlich 9,6°C, wobei in Richtung Osten die Amplitude im Jahresgang größer wird.

Vorstudien haben ergeben, dass sich der Aussaattermin von Silomais hinreichend genau mit der Formel $T_{\text{sum}} = \sum(T_{\text{mean}} - T_{\text{base}})$ berechnen lässt. Dabei ist T_{mean} die Tagesmitteltemperatur und T_{base} die Basistemperatur von Silomais (6°C). Bei der Berechnung gilt die Bedingung: wenn $T_{\text{mean}} < T_{\text{base}}$, dann $T_{\text{mean}} = T_{\text{base}}$. Der Aussaattermin ist erreicht, wenn T_{sum} den Wert 118° erreicht oder überschreitet.

Zwischen 1981 und 2070 haben wir zwei Zeitscheiben von jeweils 30 Jahren Dauer ausgewählt. Die erste Zeitscheibe repräsentiert den Status Quo (1981-2010) und die Zweite die Zukunft (2041 – 2070).

Als Wetterdaten liegen unseren Berechnungen regionalisierte Daten auf Tagesbasis (Statistical Regionalization Model (STAR): Orłowsky et al., 2008) in Form eines Gitters mit 10X10km Kantenlänge (1639 Zellen) zugrunde. Die zukünftige Entwicklung des Klimas (RCP 8,5) wurde mit dem GCM ECHAM6 (MPI Hamburg) projiziert und die Entwicklung der Temperatur dieser Projektion diente erneut als Antrieb für das STAR, um regionalisierte Wetterdaten für die Zukunft zu erhalten.

Ergebnisse und Diskussion

Der mittlere (früheste/späteste) Aussaattermin für Silomais ist zwischen 1981 und 2010 der 3.5. (9.4./25.5.). Es bestätigt sich unsere Erwartung, dass der Aussaattermin von Silomais von der geographischen Breite (je nördlicher, desto später) und von der geographischen Länge (je weiter westlich, desto später) abhängt.

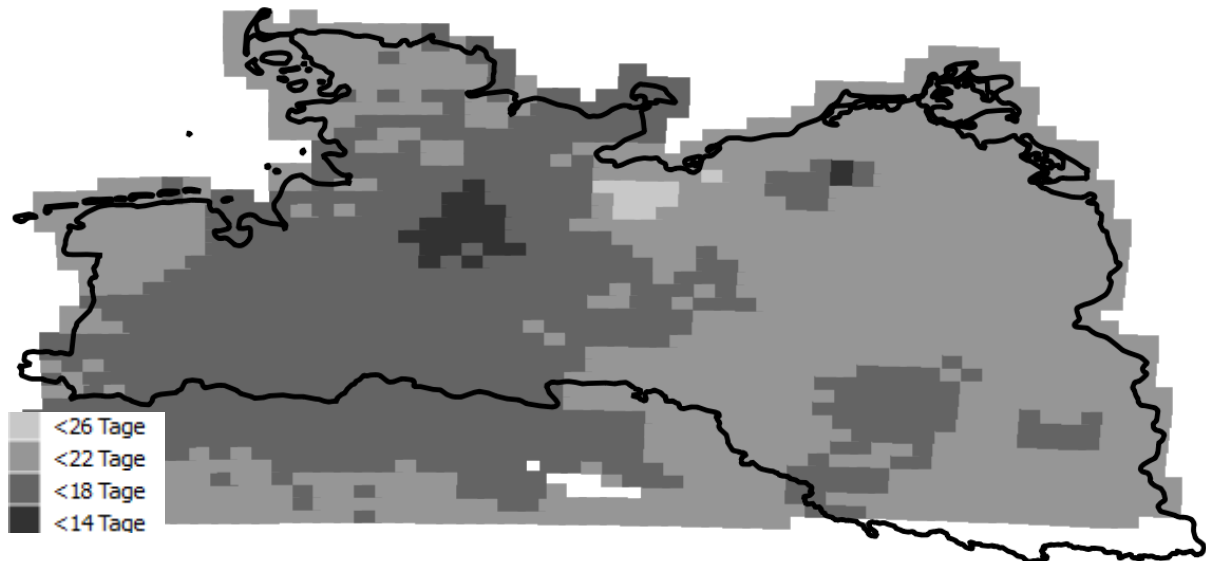


Abbildung 1. Früherer Aussattermin von Silomais in Tagen in der Zukunft (2041 bis 2070) verglichen mit dem Status Quo (1981 bis 2010) in der Norddeutschen Tiefebene (schwarze Linie). Die weiße Signatur im zentralen südlichen Teil der Karte repräsentieren Höhenlagen >400m. Auf diesen Ungunstflächen im Harz wird kein Mais angebaut.

In der Zukunft (2041-2070) wird am 15.4. (22.3./6.5.) und damit im Durchschnitt 18 Tage früher ausgesät (Abb. 1). Auffällig sind die Regionen Großraum Hamburg (-13 Tage) und südlich der Hansestadt Lübeck (-25 Tage). Diese Entwicklung entspricht unseren Erwartungen, da sich aufgrund der Szenarienparameter des ECHAM6 (+2°C bis 2070) auch die mittlere jährliche Temperatur um 1,6°C auf 11,2°C erhöht hat.

Zu beachten ist hierbei, dass bei den vorliegenden Ergebnissen die Bodenfeuchte unberücksichtigt geblieben ist.

Eine mögliche pflanzenbauliche Anpassung an den früheren Aussattermin besteht darin, die längere Wachstumszeit, Züchtungserfolge vorausgesetzt, für höhere Erträge zu nutzen. Weitere Möglichkeiten, die sich aus der gesteigerten Temperatursumme ergeben, sind Zweikultursysteme: GPS vor Silomais, Sommerung nach Silomais

Zurückgehende Sommerniederschläge, ohne zusätzliche Beregnung, sind in der Regel der limitierende Faktor der Landwirtschaft in der Norddeutschen Tiefebene.

Im nächsten Schritt werden Aussaat-, und Erntedaten von Sommer und Winterfrüchten berechnet.

Literatur

- Menzel, A.; Jakobi, G.; Ahas, R.; Scheifinger, H. & Estrella, N. (2003), 'Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries', *International Journal of Climatology* 23, 793-812.
- Olesen, J. E.; Trnka, M.; Kersebaum, K. C.; Skjelvåg, A. O.; Seguin, B.; Peltonen-Sainio, P.; Rossi, F.; Kozyra, J. & Micale, F. (2011), 'Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change', *European Journal of Agronomy* 34, 96-112.
- Orlowsky, B.; Gerstengarbe, F.-W. & Werner, P. C. (2008), 'A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM', *Theoretical and Applied Climatology* 92, 209 – 223.

Quantifying and modeling crop growth heterogeneity at the field scale

Anja Stadler¹, Sebastian Rudolph², Moritz Kupisch¹, Matthias Langensiepen¹
and Frank Ewert¹

¹Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Crop Science Group, Bonn; ²British Geological Survey, Environmental Science Centre, Nottingham. E-Mail: astadler@uni-bonn.de

Introduction

Spatial patterns of crop growth within fields require particular attention when precision agricultural techniques are applied to optimize crop management. The variability in crop growth and soil physical properties as well as plant-soil interactions need to be quantified to provide statistical evidence that soil heterogeneity causes the spatial variability of crop growth (Hakojärvi et al. 2013).

Non-invasive geophysical methods such as electromagnetic induction (EMI) measuring the apparent soil electrical conductivity (EC_a) can gain spatially continuous information for characterizing subsurface properties (Corwin and Lesch 2005). Due to the strong relationship between soil texture, soil water content and EC_a (Earl et al. 2003) we hypothesized that the observed EC_a patterns can be related to the crop growth patterns of cereals and sugar beet.

To identify the key processes leading to crop growth variability within fields we conducted a simulation study.

Material and Methods

We measured gas exchange (CO_2 and H_2O) on canopy level, and took biomass and leaf area index (LAI) samples at biweekly intervals during the vegetation periods from 2011 to 2013. The measurements were conducted in four fields located in North-Rhine Westphalia, Germany. They were cropped with winter wheat, winter barley, and sugar beet according to standard agronomic practice. Seven to nine sampling points were established per field to represent the different soil properties.

EC_a was measured with a CMD Mini-Explorer (Gf Instruments) mounted with a differential GPS on a wooden sled which was pulled by an all-terrain vehicle. To verify the relationship between EC_a and the given soil physical properties we determined soil texture at the crop sampling points. Soil water content was additionally logged with ECH₂O 5TE soil moisture sensors (Decagon Devices Inc.) at all crop sampling points of one field.

The observed data was used to validate the dynamic crop growth model GECROS (Genotype-by-Environment interaction on CROp growth Simulator) (Yin and van Laar 2005) regarding its ability to reproduce crop growth under different soil conditions. The model was coupled with the soil model SLIM (Solute Leaching Intermediate Model) (Addiscott and Whitmore 1991) in the modeling framework Simplace (Simplace<GECROS,SLIM>).

Results and Discussion

Our results showed that EC_a can be used as a proxy for the relative differences in soil water holding capacities. The relative EC_a patterns were temporally stable (Fig. 1) due to their relationship with soil clay content ($r^2 = 0.7$) and soil water content ($r^2 = 0.7 - 0.8$).

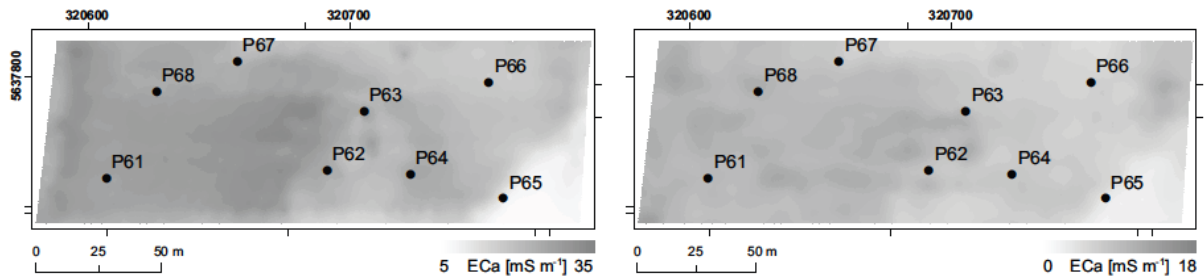


Fig. 1: Maps of EC_a measured up to 50 cm soil depth in one test field with the locations of the crop sampling points (P61 – P68). Left: EC_a measured in March 2012. Right: EC_a measured in September 2012.

The spatial crop growth patterns were less stable over the vegetation period. Crop variability was strongest during the main growth phase around anthesis; water deficits during this phase promoted heterogeneity, especially on gravel dominated soil (Fig. 1 lower right corner). Correlations between EC_a and crop growth characteristics such as LAI and biomass were strongest during this phase. Similar results were found for sugar beet but the inter-seasonal correlation variations were stronger than in cereals.

First simulations with Simplace<GECROS,SLIM> indicated that this model is capable of reproducing spatial heterogeneity in crop growth as influenced by variability in soil physical conditions. Further simulations will provide indications on which processes are the main driving factors for variability in crop growth.

Literature

- Addiscott, T.M. and Whitmore, A.P. (1991): Simulation of solute leaching in soils of differing permeabilities. *Soil Use and Management* 7 (2), 94-102.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005): Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 46. (1-3), 11-43.
- Earl, R., Taylor, J.C., Bradley, I., James, I.T., Waine, T., Welsh, J.P., Godwin, R.J., and Knight, S.M. (2003): Soil factors and their influence on within-field crop variability. Part I: Field Observation of Soil Variability. *Biosystems Engineering* 84 (4), 425-44.
- Hakojärvi, M., Hautala, M., Ristolainen, A., Alakukku, L. (2013): Yield variation of spring cereals in relation to selected soil physical properties in three clay soil field. *European Journal of Agronomy* 49, 1-11.
- Yin, X. and van Laar, H.H. (2005): *Crop system dynamics: An ecophysiological simulation model for genotype-by-environment interactions*. Wageningen Academic Publishers.

Estimating crop water and nitrogen uptake from the subsoil with the SIMPLACE modelling framework

Gaiser, T.¹, Küpper, P.M.², Perkons, U.², Uteau, D.³, Kautz, T.², Ewert, F.¹
und Köpke, U.²

¹Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Bonn, ²Universität Bonn, Institut für Organischen Landbau, Bonn, ³Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen. E-Mail: tgaiser@uni-bonn.de

Introduction

The relative importance of the subsoil in terms of water and nutrient supply to crops depends on many factors like crop species, soil type, growing conditions and management which are interacting. Thus, the objective of this study was to estimate the supply of water and nitrogen to spring wheat from the subsoil of a Luvisol (Loess-Parabraunerde), which is a typical cropland soil in Germany, by using a dynamic simulation approach.

Material and Methods

The modeling study was based on data from a field experiment in 2010 on the research station Klein-Altendorf, which is characterized by humus rich Luvisols derived from loess with a distinct layer of clay accumulation between 45 and 95 cm soil depth above a thick and soft layer of slightly altered loess. Spring wheat was grown after three different precrops: lucerne (Luc, *Medicago sativa*), chicory (Chi, *Cichorium intybus*) and fescue (Fes, *Festuca arundinacea*). Wheat was sown on April 10 after cutting the precrops and ploughing with a mouldboard plough. The growing season 2010 was affected by an extended dry spell from anthesis to grain filling (end of June to mid of July). Details about the experiment are given in Gaiser et al. (2013). The model solution SIMPLACE<Lintul2, SlimRoots, Hillflow, SoilCN> provided by the modeling framework SIMPLACE (www.simplace.net) was used to simulate soil moisture, root growth, crop development, biomass production and crop water and nutrient uptake. SIMPLACE is a framework to flexibly combine model components depending on modeling objectives, user requirements and input data availability. A distinct combination of model components is called a model solution. In this simulation study, the physically based soil water balance model component Hillflow1D (Bronstert et al. 1996) was combined into a model solution together with the crop growth model component Lintul2 (Van Oijen and Lefelaar 2008), the root growth component SlimRoots (derived from Adiscott and Whitmore 1991) and the soil organic matter turnover model component SoilCN (Corbeels et al. 2005). The model solution was calibrated against soil moisture, root-length density and biomass measurements (Gaiser et al. 2013).

Results and Discussion

The water and nutrient uptake from the subsoil was estimated from the simulation runs with the calibrated model solution. Substantial water uptake from the subsoil by spring wheat after lucerne was simulated during the growing period and in particular during the dry spell from anthesis to grain filling (Figure 1). The proportion of water uptake from the subsoil during this period was 19% after Lucerne compared to an average of 4% after the other precrops. This difference was attributed in particular to the faster vertical and horizontal expansion of spring wheat roots after lucerne,

reaching the moist subsoil more rapidly and resulting in a higher maximum rooting depth compared to spring wheat roots after the other precrops. Similar observations have been made by Kautz et al. (2010) who found increased RLD of the following wheat crop in the subsoil after lucerne on a Haplic Luvisol. The taproot of lucerne presumably leads to the creation of additional biopores in the clay enriched subsoil, which enables the following crops to extend their roots faster and deeper. The SIMPLACE model solution, which takes into account the effect of biopore density on root growth provided a tool to evaluate the importance of the presence of biopores. Figure 2 shows that simulated water uptake by spring wheat during the dry spell is strongly affected by the presence of biopores. With the observed biopore density in the clay enriched subsoil, the simulated water uptake from the subsoil and its share in the total crop water uptake is four times higher than without the presence of biopores.

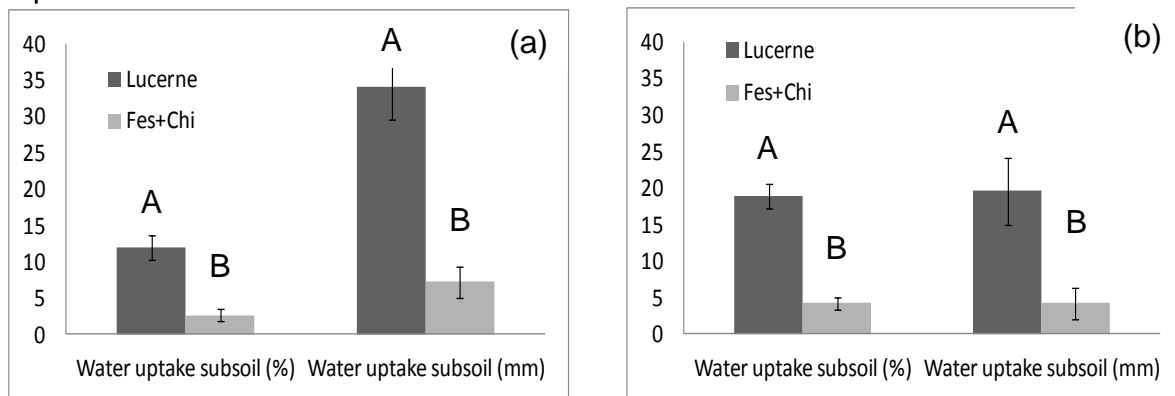
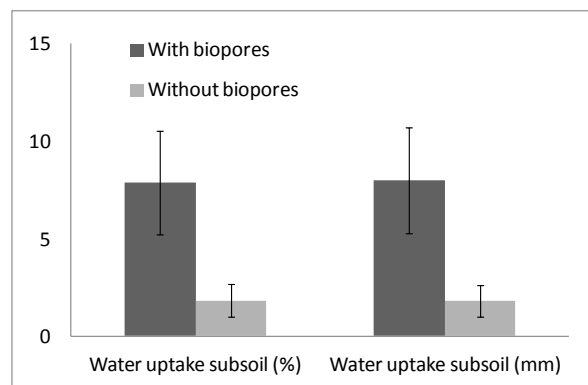


Fig. 1: Simulation of water uptake from the subsoil (a) during the growing season and (b) from anthesis to grain filling by spring wheat as related to the precrops taking into account the observed biopore density

Fig. 2: Simulation of water uptake from the subsoil from anthesis to grain filling by spring wheat depending on the presence of biopores



References

- Addiscott, T. M. and A. P. Whitmore. 1991. Simulation of solute leaching in soils with different permeabilities. *Soil Use and Management* **7**:94-102.
- Bronstert, A. and E. J. Plate. 1997. Modelling of runoff generation and soil moisture dynamics for hillslopes and micro-catchments. *Journal of Hydrology* **198**:177-195
- Corbeels, M., R. E. McMurtrie, D. A. Pepper, and A. M. O'Connell. 2005. A process-based model of nitrogen cycling in forest plantations Part I. Structure, calibration and analysis of the decomposition model. *Ecological Modelling* **187**:426-448.
- Kautz, T., Stumm, C., Kösters, R., and Köpke, U., 2010. Effects of perennial fodder crops on soil structure in agricultural headlands. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **173**, 490-501.
- Gaiser, T., U. Perkons, P. M. Küpper, T. Kautz, D. Uteau-Puschmann, F. Ewert, A. Enders, and G. Krauss. 2013. Modeling bio-pore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced sub-soil clay accumulation. *Ecol. Model.* **256**:6-15.
- Van Oijen, M. and P. Lefelaar. 2008. *Lintul-2: water limited crop growth: A simple general crop growth model for water-limited growing conditions*. Wageningen University, The Netherlands.

Sensitivity of Crop Models to Spatial aggregation of Soil and climate data

Holger Hoffmann*¹, Gang Zhao¹, Lenny van Bussel¹, Andreas Enders¹, Xenia Specka², Carmen Sosa³, Jagadeesh Yeluripati⁴, Fulu Tao⁵, Julie Constantin⁶, Eric Casellas⁶, Edmar Teixeira⁷, Balázs Grosz⁸, Luca Doro⁹, Zhigan Zhao¹⁰, Claas Nendel², Ralf Kiese¹¹, Helene Raynal⁶, Henrik Eckersten¹², Steffen Klatt¹³, Edwin Haas¹³, Enli Wang¹⁰, Matthias Kuhnert⁴, Elisabet Lewan³, Michaela Bach⁸, Kurt-Christian Kersebaum², Reimund Rötter⁵, Pier Paolo Roggero⁹, Daniel Wallach⁶, Gunther Krauss¹, Stefan Siebert¹, Thomas Gaiser¹, Frank Ewert¹

¹Crop Science Group, INRES, University of Bonn, Bonn; ²Institute of Landscape Systems Analysis, Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Müncheberg; ³Biogeophysics and water quality, Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala;

⁴Biological and Environmental Sciences, School of Biological Sciences, University of Aberdeen, Aberdeen; ⁵MTT Agrifood, Jokioinen; ⁶Equipe MAGE, INRA, Castanet-Tolosan; ⁷Systems Modelling Team (Sustainable Production Group), The New Zealand Institute for Plant and Food Research Limited, Canterbury Agriculture & Science Centre, Lincoln; ⁸Thünen-Institute of Climate-Smart-Agriculture, Braunschweig; ⁹Desertification Research Group, Università degli Studi di Sassari, Sassari; ¹⁰CSIRO Land and Water, Canberra; ¹¹Institute of Meteorology and Climate Research – Atmospheric Environmental Research, Karlsruhe Institute of Technology, Garmisch-Partenkirchen;

¹²Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala;

¹³Research Group Regionalization of Biogenic Trace Gas Fluxes, Institute of Meteorology and Climate Research – Atmospheric Environmental Research, Karlsruhe Institute of Technology, Garmisch-Partenkirchen. E-Mail: hhoffmann@uni-bonn.de

Introduction

Field scale crop models are applied on a range of spatial scales. However, the input data used to drive these models may vary with the aggregation level which is linked to the spatial scale. This has varying effects on crop models output, depending on model structure, complexity and sensitivity among others. These so-called data aggregation effects should be considered when applying field-scale models or model ensembles on larger spatial scales or when coupling models across scales. Nevertheless it is unknown, how the aggregation of the different model resources (climate, soil, crop, etc.) contribute to the overall aggregation effect and thus the error in simulation. The objective of the present work is to assess the effects of data aggregation on simulated crop model yield by quantifying the relative effects of climate and soil data aggregation and to identify the main underlying mechanisms.

Material and methods

In order to evaluate these effects, a set of crop models was driven with spatially aggregated climate data as well as aggregated soil data as input. Daily climate time series from the state of North Rhine-Westphalia, Germany, from a grid of 1 km resolution were aggregated to 10, 25, 50 and 100 km horizontal resolution by taking the area mean of the 1 km resolution grid (see van Bussel et al., 2014). Soil data was aggregated to 1, 10, 25, 50 and 100 km resolutions by selecting the dominant soil from a dataset of 300 m resolution. Simulations were carried out for winter wheat and silage maize and a variety of crop variables (phenology, biomass, yield, etc.) and related environmental variables (NO₂-emmission, NO₃-leaching, Soil organic carbon) under potential, water limited and nitrogen limited production situations. Models were parameterized to typical management, sowing and harvest in order to reproduce the yield level of the region.

Results and discussion

Results reveal comparatively smaller differences in the mean yield of the region calculated from climate time series of 1 km horizontal resolution compared to simulated yields calculated from higher aggregations than differences across crop models, production situations or interannual variability. Aggregation effects were related to the spatial variance of the input data, consistently showing a different variation for soil than for climate input. These findings imply that mean regional estimates (e.g. yield) can be expected to be robust for a large range of conditions, while the distribution may be strongly affected by data aggregation. Additionally, characteristic differences between model responses to data aggregation were identified. Findings were used to separate aggregation effects due to input data aggregation and effects due to model structure and sensitivity. Finally, the present results support the assessment of scaling errors by relating the effects to changes in input data in combination with specific crop model characteristics, thus increasing the confidence of using crop models at varying scales.

References

L.G.J. van Bussel, F. Ewert, G. Zhao, H. Hoffmann, A. Enders, D. Wallach, J. Constantin, H. Raynal, C. Klein, C. Biernath, F. Heinlein, E. Priesack, F. Tao, R.P. Rotter, D. Cammarano, S. Asseng, J. Elliott, M. Glotter, C. Nendel, K-C Kersebaum, X. Specka, B. Basso, G.A. Baigorria, C.C. Romero, and J. Chryssanthacopoulos., 2014. Spatial sampling of weather data for regional crop yield simulations. *Agric. For. Meteorol.* Under review.

Untersuchungen zum Anbau und zur Verwertung von Steinklee

Ines Bull

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow,
E-Mail: i.bull@lfa.mvnet.de

Einleitung

Unter den aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden auf den trockenen Sandstandorten Norddeutschlands nur sehr wenige Fruchtarten angebaut. Bekannte Probleme enger Fruchtfolgen verstärken sich hier durch das insgesamt niedrige Ertragsniveau und das Fehlen bodenfruchtbarkeitsfördernder Kulturen. Weißer und Gelber Steinklee (*Melilotus albus* und *M. officinalis*) sind tiefwurzelnde überwinternde Leguminosen, die auch auf Sandböden und bei niedrigen Jahresniederschlagsmengen hohe Erträge bringen können. Ihre Einbeziehung in die Fruchtfolge fördert den Humusaufbau, verbessert die Bodenstruktur, verringert den Bedarf an N-Düngern und erhöht die Artendiversität. Der Anbau als Energiepflanzen für Biogasanlagen ermöglicht ihre wirtschaftliche Verwertung.

Material und Methoden

Der Anbau einer neuen Energiepflanze muss in praxisübliche Fruchtfolgen integrierbar sein. Ein Vergleich verschiedener Fruchtfolgeglieder mit Steinklee und Silomais soll Antworten zu erzielbaren Erträgen und möglichen Nachfruchtstellungen liefern. Auf der Versuchsstation Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern, langjährige Mittel: 543 mm, 8,6 °C) wurden 2008-2010 und als Wiederholung 2009-2011 die Fruchtfolgeglieder Grünroggen-Steinklee-Zweitfruchtsilomais, Grünroggen-Steinklee-Hauptfruchtsilomais und Grünroggen-Steinklee (2-jährig) im Feldversuch angebaut. Der Versuch wurde aufgrund der unterschiedlichen Bearbeitungstermine als Langparzellenanlage mit vier Messwiederholungen und dreifachem Standard angelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den summierten Biomasseerträgen der geprüften Fruchtfolgeglieder konnten für beide Anlagen signifikante Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 1). Die höchsten Erträge lieferte die Anbaufolge A mit einem Ernteschnitt des Steinklees im zweiten Vegetationsjahr und anschließendem Anbau von Silomais in Zweitfruchtstellung. Dieses Ergebnis bestätigt bekannte Ertragsrelationen zwischen Mais in Hauptfruchtstellung und Zweitfruchtmais mit vorheriger Winterzwischenfrucht. Im Unterschied zu einer Zwischenfrucht können die Kosten des Steinkleeanbaus zwei Erntejahren zugeordnet werden können. Wenn zusätzlich der Maisertrag der Zweitfrucht wie in der ersten Anlage des Versuches über dem der Hauptfrucht liegt, sollte diese Variante ökonomisch vorteilhaft sein.

Auf Sandböden ist der Anbau von Zweitfruchtmais mit erheblichem Risiko aufgrund eingeschränkter Wasserversorgung verbunden. Nach erfolgreicher Keimung der Maissaat übertrifft die positive Vorfruchtwirkung des Steinklees aber auch bei Trockenheit die negative Wirkung des Bodenwasserverbrauchs. Die Ergebnisse des Versuches bestätigen gleichlautende Beobachtungen von CLARK (2007) aus Nordamerika. Außerdem fällt ein Umbruch im Juni in den im langjährigen Mittel niederschlagsreichsten Monat in der Region.

Tabelle 1 kumulierte Biomasseerträge der Fruchtfolgeglieder A: Grünroggen-Steinklee-Zweitfruchtsilomais, B: Grünroggen-Steinklee-Hauptfruchtsilomais und C: Grünroggen-Steinklee (2-jährig), Parzellenerträge

| Fruchtfolgeglied | | A | B | C | GD ($\alpha = 0,05$; t-Test) |
|--------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------|
| Anlage 1 (Herbst 2008 – Herbst 2010) | | | | | |
| Ertrag | dt TM ha ⁻¹ | 337 | 271 | 199 | 17 |
| davon Silomais | dt TM ha ⁻¹ | 206 | 188 | - | |
| Anlage 2 (Herbst 2009 – Herbst 2011) | | | | | |
| Ertrag | dt TM ha ⁻¹ | 341 | 306 | 190 | 13 |
| davon Silomais | dt TM ha ⁻¹ | 178 | 192 | - | |

Sowohl die Steinkleernte als auch die Maisaussaat erlauben somit in einem bestimmten Zeitrahmen eine flexible Anpassung an die Witterung, so dass günstige Perioden genutzt werden können. Bei absehbaren Trockenperioden besteht die Möglichkeit, den Steinklee im zweiten Vegetationsjahr nur als Gründung einzuarbeiten und Mais zum frühen Termin zu säen oder aber den Steinklee als Hauptfrucht (Fruchtfolgeglied C) im zweiten Vegetationsjahr stehen zu lassen. Der Vorteil liegt dabei in geringeren Bodenbearbeitungs-, Aussaat-, Düngungs- und Pflegekosten und in der längeren Zeitspanne für Wurzelwachstum und Humusbildung. Wie erwartet, lag im Versuch der kumulierte Ertrag bei 2-jähriger Steinkleernte weit unter dem der anderen Varianten. Interessant ist hier der frühe optimale Erntetermin im Juli zur Vollblüte des Steinklees.

Ergänzende Laborversuche bestätigen, dass Steinklee unter Beachtung der allgemeinen Silierregeln erfolgreich konserviert werden kann. Die sicherste Variante ist dabei die gemeinsame Konservierung mit einem kohlenhydratreichen Material.

Die Versuche zum Gärverlauf mit Steinklee in der Labor-Biogasanlage zeigen einen stabilen Prozessverlauf mit guter Substratausnutzung. Das Entwicklungsstadium der Pflanzen beeinflusst die Methanausbeute stark. Es werden mittlere Methanbildungspotentiale von 300 l_N CH₄ kg⁻¹ oTS aus einem Herbstschnitt im Ansaatjahr und im zweiten Vegetationsjahr ca. 350 l_N CH₄ kg⁻¹ oTS bei einem Schnitt bis zum Knospenstadium bzw. 250 l_N CH₄ kg⁻¹ oTS ab der Vollblüte erreicht.

Bei Beachtung der besonderen Anforderungen und Eigenschaften des meist zweijährigen Steinklees kann Biomasse von 25 - 80 dt TM ha⁻¹ im Ansaatjahr und 100 - 150 dt TM ha⁻¹ im Hauptnutzungsjahr geerntet werden. Das entspricht Methanerträgen von ca. 1200 - 2850 m³ CH₄ ha⁻¹ und ca. 3000 m³ CH₄ ha⁻¹.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMELV für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt.

Literatur

CLARK, A., 2007: Managing cover crops profitably. Sustainable Agriculture Network handbook series 9. Beltsville, MD, 3. Aufl.

Wirkung von Wassermangel auf Kornertrag, Ertragsstruktur und Samenqualität von Soja (*Glycine max* (L.) Merr.)

Feng Yan, Jasmin Kalus und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität Gießen,
Schubertstraße 81, D-35392 Gießen; E-Mail: feng.yan@agr.uni-giessen.de

Einleitung

Sojabohnen sind ein wichtiger pflanzlicher Rohstoff für die Herstellung von Lebensmitteln und Futtermitteln. Der Sojaanbau in Deutschland ist bisher wenig verbreitet, weil Sojapflanzen einen hohen Wärmeanspruch haben. Überwiegend wird der Bedarf an Sojabohnen in Deutschland durch den Import aus den USA, Brasilien und Argentinien gedeckt. In diesen Ländern werden die Sojabohnen überwiegend mit herbizid-resistenten, gentechnisch veränderten Sojasorten produziert. Deshalb wird es immer schwieriger, GvO-freie Sojabohnen aus Nord-, Mittel- und Südamerika zu importieren, um den Ansprüchen der europäischen Verbraucher gerecht zu werden, die GvO-Produkte überwiegend ablehnen. Ziel des Versuchs war es, den Sojaanbau in Deutschland durch den Einsatz standortangepasster Sojasorten und agronomischer Maßnahmen zu testen. In dem durchgeführten Feldversuch wurde der Frage nachgegangen, wie der Kornertrag, die Ertragsstruktur und die Samenqualität von Soja durch die Wasserversorgung beeinflusst werden können.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 und 2013 wurde am Standort Groß-Gerau ein Feldversuch mit Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) durchgeführt. Der Standort liegt südlich von Frankfurt a. M. (mittlere LT 9,8 °C, mittlere Niederschlagssumme 600 mm, Sandboden, AZ 25, pH 6,5). Vor der Aussaat wurde eine Düngung mit Kalium, Phosphat und Magnesium durchgeführt. Der Versuch wurde als zweifaktorielle Blockanlage mit den Prüffaktoren Sorte und Wasserversorgung angelegt. Jede Parzelle hatte eine Fläche von 10,5 m² (7 m x 1,5 m). Im Versuch wurden 14 Sorten mit unterschiedlichen Reifegruppen (000 für sehr frühe und 00 für frühe Reife) getestet. Die Wasserversorgung wurde in einer Variante durch zweimalige Bewässerung (am 10. und 30. Juli in der Blütephase jeweils mit 35 mm) erhöht. In einer Kontrollvariante wurden Sojapflanzen ohne Bewässerung angezogen. Die Aussaat erfolgte für beide Versuchsjahre jeweils am 30. April mit einer Saatstärke von 60 Körnern/m² (Reihenabstand: 25 cm). Unmittelbar vor der Aussaat wurde das Saatgut mit den Knöllchenbakterien *Bradyrhizobium japonicum* (Force 48, Rhizo Flo) beimpft. Die Pflanzen wurden in der Vollreife Ende September geerntet. Dabei wurden Kornertrag, Anzahl der Hülsen pro Pflanze und Anzahl der Körner pro Pflanze ermittelt. Proteingehalt und Fettgehalt der Sojakörner wurden im Labor analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse zeigte, dass es im Versuchsjahr 2012 zwischen den beiden Faktoren Sorte und Bewässerung keine signifikante Interaktion gab. Der Kornertrag

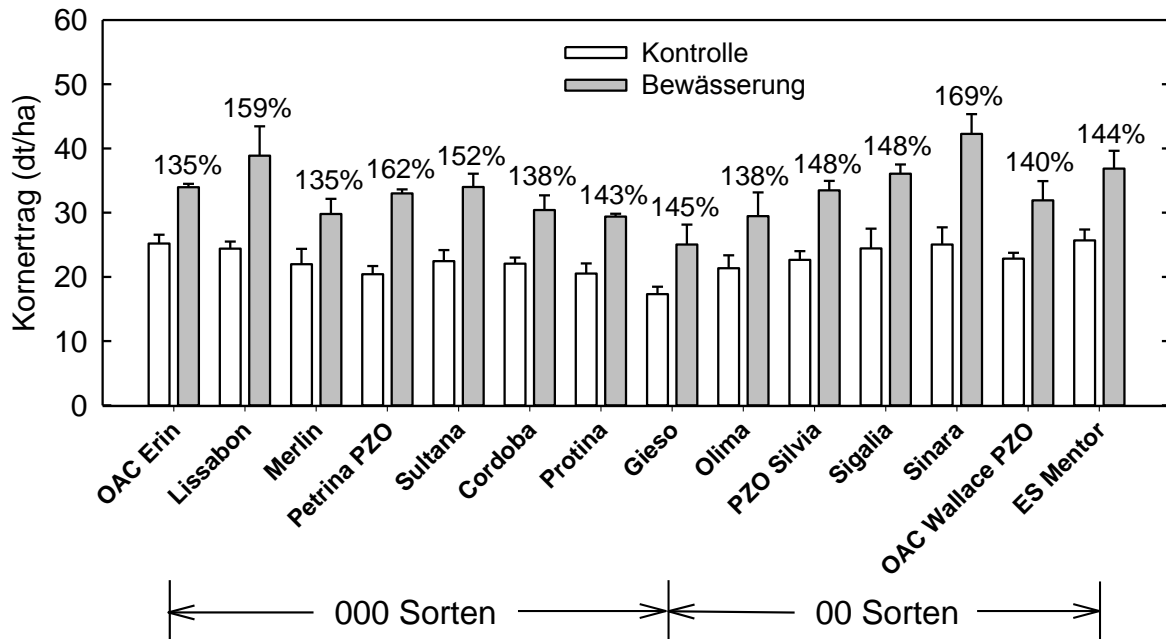


Abb. 1: Einfluss der Bewässerung auf den Kornertrag verschiedener Sojasorten unter den Feldbedingungen in Groß-Gerau 2012. Die Zahl in Prozent bedeutet prozentualer Anstieg im Ertrag durch die Bewässerung für die jeweilige Sojasorte.

der einzelnen Sorten ist der Abbildung 1 zu entnehmen. In der Kontrolle (ohne Beregnung) schwankte der Kornertrag zwischen 17 (Gieso) und 26 (ES Mentor) dt/ha. Wenn die Pflanze in der Blütephase (Juli) zweimal mit jeweils 35 mm bewässert wurde, stieg der Kornertrag bei allen getesteten Sorten an. Im Mittel der Sorten wurde durch die Beregnung ein Mehrertrag von 47 % festgestellt.

Im Jahr 2012 fielen zwischen Mai und September insgesamt 390 mm Niederschläge. Das langjährige Mittel des Niederschlages beträgt 308 mm. Das heißt, dass die Gesamtniederschlagsmenge in dem Zeitraum von Mai bis September am Standort Groß-Gerau einen limitierenden Faktor für den Sojakornertrag darstellt. Mit der Bewässerung erreichte die Sorte Sinara den höchsten Ertrag von 42 dt/ha, wohingegen der Ertrag der Sorte Gieso trotz der Bewässerung nur 25 dt/ha erreichte. Es zeigt sich hier ein Unterschied im Ertrag zwischen den einzelnen Sorten. Die Ertragserhöhung durch die Bewässerung ist auf die erhöhte Anzahl von Hülsen pro Pflanze zurückzuführen. Die Tausendkornmasse von beiden Varianten (Kontrolle und Bewässerung) war dagegen vergleichbar. Der Gehalt an Protein und Fett wurde durch die Bewässerung kaum beeinflusst.

Im Jahr 2013 betrug der Niederschlag im Juli nur 13 mm. Dieser Wassermangel in der Blütephase führte zu einer starken Ertragsverminderung. Für alle getesteten Sorten schwankte der Kornertrag zwischen 9 und 17 dt/ha. In diesem Jahr war der Effekt der Bewässerung auf den Kornertrag stärker als im Jahr 2012. Für die Sorte Mentor wurde der Kornertrag durch Bewässerung sogar um das Vierfache erhöht.

Aus unseren Versuchsergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass auf dem Standort Groß-Gerau das Wasser ein limitierender Faktor für den Ertrag der Sojabohnen darstellt. Mit Bewässerung kann man einen agronomisch relevanten Ertrag von Sojabohnen erreichen. Die Reifegruppen der Sorten spielen dabei eine untergeordnete Rolle.

In-Vitro-Verdaulichkeiten der Parameter Rohprotein und Lysin von Blattmasse und Ganzpflanze von Luzerne und anderen Kleeartigen

Sommer, H. und A. Sundrum

Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit, Universität Kassel, Witzenhausen;
E-Mail: hendrik.sommer@uni-kassel.de

Einleitung

Bislang beschränkt sich die bedarfsgerechte Versorgung ökologisch gehaltener Monogastrier mit essentiellen Aminosäuren aus wirtschaftseigenen Futterressourcen hauptsächlich auf den Einsatz von heimischen Körnerleguminosen, Futtergetreide und in Einzelfällen aus Presskuchen als Nebenprodukt aus der Verarbeitung von Ölsaaten. Diese weisen einen vergleichsweise niedrigen Gehalt an essentiellen Aminosäuren auf oder sind wie im Fall von Presskuchen nur sehr eingeschränkt aus ökologischer Erzeugung verfügbar. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung soll ermittelt werden, in welchem Maße eine Aufkonzentrierung des Rohproteingehaltes in der Blattmasse von Luzerne (*Med. sativa*), Weißklee (*Trif. repens*), Rotklee (*Trif. pratense*), Inkarnatklee (*Trif. incarnatum*) und Perserklee (*Trif. resupinatum*) erfolgen kann. Die mittels *In-vitro*-Bestimmung erfasste Verdaulichkeit der Blattmasse soll einen aussagekräftigen Hinweis auf deren Futterwert für Monogastrier liefern.

Material und Methoden

Es wurden Bestände (4 Sorten) auf Flächen des LFL Bayern, der Domäne Frankenhausen sowie des BFHI Waldeck-Frankenberg e.V. geerntet. Die Ernteproben wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Ein Teil der Proben wurde in Blatt- und Stengelfraktion getrennt (vgl. SOMMER und SUNDRUM 2013). Die Rohprotein- und Aminosäurebestimmung erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) auf Basis einer im Rahmen des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“ erstellten Kalibration für Futterleguminosen. Die Verdaulichkeiten der Blattmasse werden mit dem *In-vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997), modifiziert nach SAPPOK et al. (2009) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Separierung der Blattmasse konnte bei allen untersuchten Arten eine Aufkonzentrierung des Rohproteingehaltes in der Blattmasse festgestellt werden (vgl. Abb. 1). Der höchste mittlere Blattmassenrohproteingehalt konnte beim Perserklee mit 28,3 g XP 100 g TM⁻¹ beobachtet werden, gefolgt von der Luzerne mit 28,0 g XP 100 g TM⁻¹. Der analysierte Blattmassenrohproteingehalt von Rotklee betrug 27,0 g XP 100 g TM⁻¹, von Weißklee 26,3 g XP 100 g TM⁻¹ und von Inkarnatklee g XP 100 g TM⁻¹. Durch die Separierung der Blattmasse konnte bei allen untersuchten Arten eine Aufkonzentrierung des Lysingehaltes in der Blattmasse festgestellt werden. Der höchste mittlere Blattmassenlysingehalt konnte beim Luzerne mit 17,7 g Lys 1000 g TM⁻¹ beobachtet werden, gefolgt von Rotklee mit 15,3 g Lys 1000 g TM⁻¹. Der analysierte Blattmassenlysingehalt von Weißklee betrug 14,7 g Lys 1000 g TM⁻¹, von Perserklee 13,8 g Lys 1000 g TM⁻¹ und von Inkarnatklee 13,3 g Lys 1000 g TM⁻¹. Zur

Untersuchung der Einflussgrößen auf den Rohproteingehalt wurde ein statistisches Modell mit dem Design konstanter Term*Art*Sorte*Materialart erstellt.

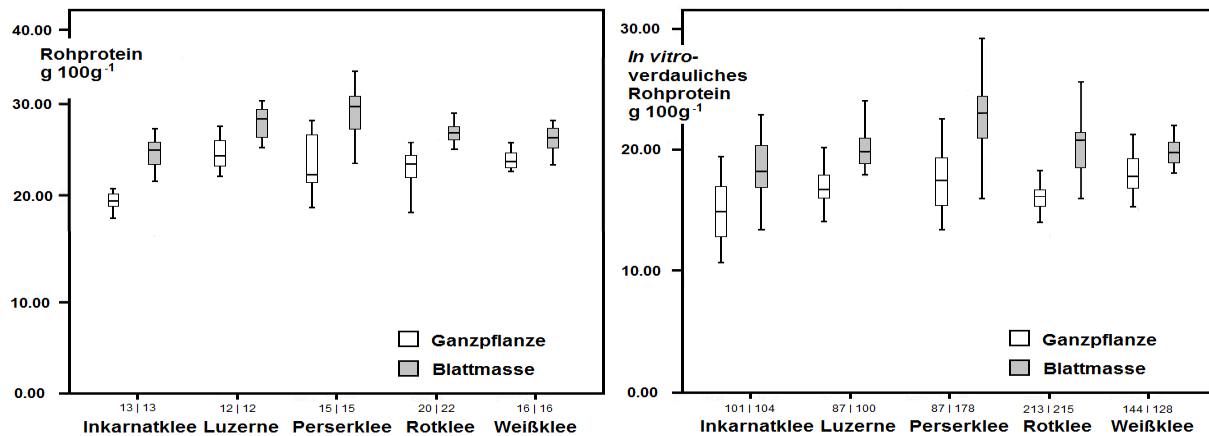


Abbildung 1: Rohproteingehalte und Gehalte an *In vitro*-verdaulichem Rohprotein von Ganzpflanze im Vergleich zur Blattmasse

Hier zeigte sich, dass die Art den größten Einfluss auf den Lysingehalt besitzt. Das partielle Eta-Quadrat für diese Einflussgröße wurde mit 0,481 berechnet. Das bedeutet, dass der Einfluss des Faktors Art auf die vom Mittelwert über alle beobachteten Fälle abweichenden Lysingehalte bei 48,1 % liegt. Zudem sind die Faktoren Art und Materialart hochsignifikant. Die bei POPOVIC et al. (2001) gefundenen Rohproteingehalte der Blattmasse konnten nur vereinzelt bestätigt werden. Dennoch entsprechen die Ergebnisse den Aussagen von JUNG et al. (1997), die zu dem Schluss kommen, dass insbesondere die Blätter von Luzerne Rohproteinreich sind. Allerdings bezieht sich diese Aussage nicht nur auf Luzerne, sondern kann auch auf die anderen von uns untersuchten feinsamigen Leguminosen übertragen werden. Die vorläufigen Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass die Gewinnung der Blattmasse eine mögliche Ressource als Eiweißlieferant zumindest für die ökologische Schweinehaltung darstellt.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Förderung des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“.

Literatur

- BOISEN, S. and J.A. FERNÁNDEZ (1997): Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68:277-286.
- JUNG, H.G., C.C. SHEAFFER, D.K. BARNES and J.L. HALGERSON (1997): Forage quality variation in the U.S. alfalfa core collection. *Crop Sci.* 37:1361–1366.
- POPOVIC, S., M. STJEPANOVIC, S. GRLJUSIC, T. CUPIC und M. TUCAK (2001): Protein and fibre contents in alfalfa leaves and stems. In Delgado I. (ed.), Lloveras, J. (ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production = Qualité de la luzerne et des medics pour la production animale*. Zaragoza (Spain): CIHEAM-IAMZ, 2001. p. 215-218
- SAPPOK, M., W. PELIKAAN, M. VERSTEGEN and A. SUNDRUM (2009): Assessing fibre-rich feedstuffs in pig nutrition – comparison of methods and their implications. *J. of the Science of Food and Agriculture* 89:2541-2550.
- SOMMER, H. und SUNDRUM, A. (2013) Blattmasse von Rotklee als Proteinquelle für Schweine..D. NEUHOFF, C. STUMM, S. ZIEGLER u.a. (Hrsg.): *Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landwirtschaft*. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.

Vergleich der Ertragsstabilität von Körnerleguminosen auf leichten Standorten

Thomas F. Döring, Wolfgang Köhn, Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau;
E-Mail: thomas.doering@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Körnerleguminosen sind als heimische Eiweißlieferanten einerseits wirtschaftlich von Interesse (Alpmann and Schäfer, 2014). Andererseits haben sie in der Fruchtfolge positive Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und können die Biodiversität im Ackerbau erhöhen. Dennoch ist ihr Anbauumfang in Deutschland in den letzten Jahren weiter zurückgegangen und liegt zurzeit incl. Soja nur noch bei 78 T ha ($< 0,7\%$ AL). Dafür wird neben nicht ausreichender Wirtschaftlichkeit häufig ihre mangelhafte Ertragsstabilität verantwortlich gemacht (Duc, 1997; von Richthofen *et al.*, 2006). Untersuchungen zu dieser Frage haben sich bislang hauptsächlich auf den Vergleich verschiedener Sorten innerhalb einer Art konzentriert (Link *et al.*, 1994). Ziel der vorliegenden Studie war es, vergleichende Informationen zur Ertragsstabilität für wichtige Körnerleguminosenarten zu gewinnen und somit für die Praxis eine Unterstützung bei der Wahl der Fruchtarten im Hinblick auf die Minderung des Anbaurisikos zu bieten.

Material und Methoden

Für die Analyse wurden zwei umfangreiche Versuchsserien herangezogen, die in Berlin und Brandenburg durchgeführt wurden. Die Bodentextur an den Versuchsstandorten war durch hohe Anteile der Sandfraktion, die Wasserversorgung durch erhebliche Jahresunterschiede gekennzeichnet. Für Ackerbohnen (*Vicia faba*), Futtererbsen (*Pisum sativum*), Sojabohnen (*Glycine max*) und drei Lupinenarten (*Lupinus luteus*, *L. angustifolius* und *L. albus*) wurde die Ertragsstabilität über 13 Jahre aus Sortenversuchen am Standort Berlin-Dahlem ermittelt. Zusätzlich wurden Daten eines mehrortigen Ringversuches (Standorte Berlin-Dahlem, sowie Blumberg, Thyrow und Berge in Brandenburg) aus den Jahren 1999-2005 verwendet. Der orthogonale Kern dieses Datensatzes erlaubte für *V. faba*, *P. sativum* und *L. luteus* eine Analyse der Ertragsstabilität über 13 Umwelten von jeweils 2 Sorten (Ackerbohne: Music, Scirocco; Erbse: Eiffel, Swing, beide halbblattlos; Gelbe Lupine: Borsaja, Juno); bei Reduktion des Datensatzes auf 11 Umwelten konnte die Schmalblättrige Lupine (*L. angustifolius*, Sorten: Bora, Sonet) zusätzlich mit einbezogen werden. Als statistische Maße der Ertragsstabilität wurden (1) die Ökovalenz nach Wricke, (2) der Regressionskoeffizient b der Ökoregression nach Eberhard und Russell, sowie (3) die Abweichung von dieser Regression berechnet (Becker and Léon, 1988). Als einfache Stabilitätsmaße wurden zudem (4) der Variationskoeffizient über die Umwelten und (5) die Spannweite in % des Mittelwertes berechnet. Schließlich wurden (6) Abweichungen von der Regression der logarithmierten Varianzen auf logarithmierte Mittelwerte über die Umwelten nach Taylor's Power Law (Cohen, 2013) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Ackerbohnen zeigten unter den geprüften Bedingungen konsistent die geringste Ertragsstabilität (Tabelle 1). Besonders ertragslabil war Scirocco, die bekannt dafür ist, höhere Ansprüche an Boden und Wasserversorgung während der Blüte zu stellen. Darüber hinaus wies die Futtererbse bei deutlich höheren Ertragsmittelwerten tendenziell eine höhere Ertragsstabilität als die Gelbe Lupine auf. In der weiteren Analyse der Daten aus dem Ringversuch war die Blaue Lupine in der Ertragsstabilität vergleichbar mit der Gelben Lupine, zeigte aber höhere Ertragsmittelwerte als diese. Die beiden Lupinenarten wiesen hinsichtlich Ertragsstabilität größere Unterschiede zwischen den geprüften Sorten auf als Ackerbohne und Erbse.

Die Analyse der 13jährigen Sortimentsprüfungen bestätigte im Wesentlichen die in Tabelle 1 aufgeführten Ergebnisse. Darüber hinaus zeigte sich die anspruchsvolle Weiße Lupine ähnlich ertragslabil wie die Ackerbohne. Die Einordnung der Sojabohne und der Blauen Lupine im Ranking der Ertragsstabilität hing stark vom gewählten Stabilitätsparameter ab.

Tabelle 1: Stabilitätsparameter für verschiedene Körnerleguminosenarten (Ringversuch)

| Parameter | Ackerbohne | | Futtererbse | | Gelbe Lupine | |
|---|------------|----------|-------------|-------|--------------|-------|
| | Music | Scirocco | Eiffel | Swing | Borsaja | Juno |
| Ertrag (Mittelwert, dt ha ⁻¹) | 22,9 | 23,5 | 27,9 | 27,9 | 12,7 | 12,3 |
| Varianz | 189 | 244 | 123 | 169 | 41 | 34 |
| Variationskoeffizient (%) | 60 | 67 | 40 | 47 | 51 | 48 |
| Spannweite/Mittelwert *100 % | 200 | 208 | 123 | 139 | 175 | 156 |
| Power Law Residuals (POLAR) | 0,14 | 0,23 | -0,21 | -0,08 | -0,01 | -0,07 |
| Ökovalenz nach Wricke | 28 | 57 | 19 | 24 | 46 | 42 |
| <i>b</i> (Steigung der Regressionsgeraden) | 1,33 | 1,46 | 1,04 | 1,25 | 0,47 | 0,46 |
| Varianz d. Abweichungen v. d. Ökoregression | 17,8 | 35,9 | 18,6 | 17,8 | 19,3 | 13,5 |
| Ränge | | | | | | |
| Variationskoeffizient (%) | 5 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| Spannweite/Mittelwert *100% | 5 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| Power Law Residuals (POLAR) | 5 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| Ökovalenz nach Wricke | 3 | 6 | 1 | 2 | 5 | 4 |
| <i>b</i> (Steigung der Regressionsgeraden) | 5 | 6 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| Varianz d. Abweichungen v. d. Ökoregression | 3 | 6 | 4 | 2 | 5 | 1 |

Die Untersuchung zeigt, dass die Futtererbse an den geprüften Standorten sowohl hinsichtlich Ertragsstabilität als auch in Bezug auf den Ertragsmittelwert die beste Wahl darstellt. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass Ertragsstabilität am Standort zu großen Teilen von der Wasserverfügbarkeit bestimmt wird.

Literatur

- Alpmann, D., Schäfer, B.C., 2014. Der Wert von Körnerleguminosen im Betriebssystem. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Berlin.
- Becker, H.C., Léon, J., 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101, 1-23.
- Bond, D., 1987. Recent developments in breeding field beans (*Vicia faba* L.). *Plant Breeding* 99, 1-26.
- Cohen, J.E., 2013. Taylor's power law of fluctuation scaling and the growth-rate theorem. *Theoretical Population Biology* 88, 94-100.
- Duc, G., 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research* 53, 99-109.
- Link, W., Stelling, D., Ebmeyer, E., 1994. Yield stability in faba bean, *Vicia faba* L. 1. Variation among inbred lines. *Plant Breeding* 112, 24—29.
- von Richthofen, J.-S., Pahl, H., Nemecek, T., 2006. Was Körnerleguminosen in Anbausystemen leisten. *Raps* 24, 35-39.

Ertragsleistung und Winterhärte von Winterformen der Erbsen (*Pisum sativum* L.) unter norddeutschen Standortbedingungen

Herwart Böhm

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau. E-Mail: herwart.boehm@ti.bund.de

Einleitung

Die zunehmenden Anbauprobleme mit Sommerformen der Erbsen haben zur Wiederentdeckung der Winterformen (kurz: Wintererbsen) geführt. Das Sortenspektrum umfasst verschiedene Wuchs- und Blühtypen, d.h. kurz- und langstrohige, normalblättrige und halbblattlose sowie weiß- und buntblühende Typen. Langstrohige, blattreiche Sorten können nur im Gemenge angebaut werden, da für eine gute Beerntung eine Stützfrucht notwendig ist. Bislang liegen nur wenige Versuche zur Winterhärte und Ertragsleistung von Wintererbsen unter norddeutschen Bedingungen vor.

Material und Methoden

Am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau in Trenthorst (sandiger Lehm, pH 6,7, 706 mm \varnothing Niederschlag, 8,8°C Jahresdurchschnittstemperatur) wurden im Herbst 2012 und 2013 Feldversuche als Bockanlage in 4-facher Feldwiederholung mit ausgewählten Sorten angelegt (Tab. 1). Der Anbau erfolgte zum Teil in Reinsaat und/oder im Gemenge mit Triticale (Sorte Benetto, 100 kf Kö m²). Die Reinsaaten wurde mit einer Aussaatstärke von 80 kf Kö m² gedrillt. Im Gemenge wurden die langstrohigen Sorten sowie der als normalblättrig eingestufte Stamm 61 mit 40 kf Kö m² und die kurzstrohige, halbblattlose Sorte James mit 60 kf Kö m² gesät (Tab. 1).

| Sorte | Wuchstyp | Blütenfarbe | Aussaatstärke | Anbauform |
|----------------|----------|-------------|---------------|-----------|
| Szarvazi Afila | hb / lg | weiß | 80 | RS |
| James | hb / kz | weiß | 80 | RS |
| Comanche | hb / kz | weiß | 80 | RS |
| Isard | hb / kz | weiß | 80 | RS |
| Gangster | hb / kz | weiß | 80 | RS |
| Szarvasi Afila | hb / lg | weiß | 40 | GM |
| James | hb / kz | weiß | 60 | GM |
| Arkta | nb / lg | purpur | 40 | GM |
| Karolina | nb / lg | weiß | 40 | GM |
| E.F.B. 33 | nb / lg | purpur | 40 | GM |
| Szarvasi Aliz | nb / lg | purpur | 40 | GM |
| Stamm 61 | nb / kz | weiß | 40 | GM |

Tab. 1: Übersicht der geprüften Wintererbsensorten mit Angaben zu Wuchstyp, Blütenfarbe, Aussaatstärke und Anbauform (hb: halbblattlos, nb: normalblättrig, lg: langstrohig, kz: kurzstrohig, RS: Reinsaat, GM: Gemenge mit Triticale)

Die Überwinterungsrate wurde aus den Vor- und Nachwinterzählungen der Pflanzen m⁻² berechnet. Für den HEB-Index (nach Sauermann 2007) wurde das Verhältnis der Wuchshöhe der Erbsen bei Ernte und zur Vollblüte ermittelt. Die Ernte erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher mittels Kerndrusch (Ernteparzelle: 19,25 m²) mit nachfolgender Aufbereitung und Trennung des Erntegutes.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Anbaujahr zeigten alle Sorten, mit Ausnahme von Arkta, bei einem Winter mit mittleren Frostereignissen und meist geschlossener Schneedecke gute bis sehr gute Überwinterungsraten (Tab. 2). Im Anbaujahr 2013/14 hatten wiederum Arkta, aber auch Comanche und James sehr geringe Überwinterungsraten. Diese wurden durch Kahlfröste Ende Januar mit bis zu $-13,0^{\circ}\text{C}$ verursacht. Untersuchungen von Gronle & Böhm (2013) zeigten für E.F.B. 33 vergleichbar hohe und für James nach kalten Wintern entsprechend niedrige Überwinterungsraten. Stärkere Fröste können jedoch auch zu Totalausfällen führen (Gruber 2014). Bei dem HEB-Index wies Arkta den geringsten Wert auf, die recht kurzwüchsige Sorte Comanche sogar einen Wert von über 1. D.h. diese Sorte hatte nach der Blüte bis zur Ernte ein weiteres Längenwachstum. Der Gemengeanbau mit Triticale führte bei den übrigen langstrohigen Sorten zu HEB-Indizes, die eine gute Beerntung mit dem Mähdrescher ermöglichen. Die Sorte Szarvasi Aliz, die in Reinsaat und im Gemenge angebaut wurde, wies im Gemenge einen höheren, aber nicht signifikant verschiedenen HEB-Index auf.

| Sorte | Überwinterung 2012/13 | Überwinterung 2013/14 | HEB-Index 2013 | Ertrag Erbse 2013 [dt ha ⁻¹] | Gesamtertrag 2013 [dt ha ⁻¹] |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--|---|
| RS Szarvasi Afila | 92,6 a | 100,0 a | 0,52 b | 13,4 efg | 13,4 f |
| RS James | 99,1 a | 58,2 cde | 0,96 ab | 19,4 bcd | 19,4 ef |
| RS Comanche | 86,8 ab | 59,4 cde | 1,15 a | 29,5 a | 29,5 cd |
| RS Isard | 91,2 a | 76,5 abcd | 0,60 ab | 18,6 bcde | 18,6 ef |
| RS Gangster | 99,9 a | 73,3 bcd | 0,50 b | 24,2 ab | 24,2 de |
| GM Szarvasi Afila | 91,3 a | 97,1 ab | 0,76 ab | 5,6 h | 33,7 bc |
| GM James | 93,9 a | 53,4 de | 0,87 ab | 6,3 h | 35,0 abc |
| GM Arkta | 50,4 b | 48,0 e | 0,54 b | 10,2 gh | 37,3 ab |
| GM Karolina | 82,3 ab | 75,4 bcd | 0,80 ab | 12,5 fg | 37,9 ab |
| GM E.F.B. 33 | 82,6 ab | 88,1 ab | 0,78 ab | 16,4 cdef | 40,1 ab |
| GM Szarvasi Aliz | 77,0 ab | 91,3 ab | 0,64 ab | 21,0 bc | 41,4 a |
| GM Stamm 61 | 79,9 ab | 81,6 abc | 0,80 ab | 14,4 defg | 40,0 ab |

Tab. 2: Überwinterungsraten der Wintererbsen [%] in 2012/13 und 2013/14 sowie der HEB-Index, die Erbsen- und Gesamtertragsleistung (Erbse und Triticale, Angaben auf Standardfeuchte 14%) im Erntejahr 2013 (RS: Reinsaat, GM: Gemenge).

Die Erträge lagen 2013 auf einem relativ niedrigen Niveau, wobei Sommererbsen an diesem Standort nahezu einen Totalausfall erlitten. In Reinsaat wiesen die Sorten Comanche und Gangster, im Gemenge die Sorten Szarvasi Aliz und E.F.B. 33 die höchsten Erträge auf (Tab. 2). Im Gemenge wurden Gesamterträge von 40 dt ha^{-1} erreicht. Die Ertragsleistung einer Wintererbsensorte wird neben ihrem genetisch festgelegten Potential durch die Überwinterungsrate, das Unkrautunterdrückungsvermögen sowie im Gemenge durch die Konkurrenzsituation zum Partner bestimmt.

Literatur

- Gronle, A., Böhm, H. (2013): Mehr Ertrag im Gemenge. Landwirtschaft ohne Pflug 19(8):36-39.
 Gruber, H. (2014): Wintererbsen am Standort Gülzow stark ausgewintert. http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Oekologischer_Landbau/Koernerleguminosen_und_Hackfruechte [letzter Aufruf am 30.06.2014]
 Sauermann, W. (2007): Sichere Beurteilung von Standfestigkeit und Erntbarkeit bei Erbsen. Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg 157(10. Febr.):35-38.

Stickstofffixierungsleistung von Winterackerbohnen

Reinhard Neugschwandtner, Katja V. Ziegler, Simon Kriegner, Hans-Peter Kaul

Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur
Wien, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln, E-Mail: *reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at*

Einleitung

Körnerleguminosen (ohne Soja) wurden in Österreich im Jahr 2011 auf 22.722 ha (das sind 1,7 % der Ackerfläche) angebaut. Sommerackerbohnen wurden dabei auf 6.028 ha mit einem durchschnittlichen Ertrag von 2,92 t ha⁻¹ kultiviert (BMLFUW, 2012). Winterackerbohnen spielen in Österreich in der agrarischen Praxis aufgrund der nicht ausreichenden Winterhärte, die zu Ertragsunsicherheiten führt, kaum eine Rolle. Aufgrund der im Wandel begriffenen klimatischen Gegebenheiten, die im Osten Österreichs mit ausgeprägten Sommertrockenheit einher zu gehen scheinen, macht es Sinn, sich auch bei Körnerleguminosen mit dem Anbau von Winterungen zu beschäftigen, die in diesen klimatischen Szenarien Vorteile gegenüber Sommerungen bieten können. Aus diesem Grund wurde ein Sortiment von verschiedenen Sorten an Winterackerbohnen aus mehreren europäischen Ländern in den Vegetationsperioden 2010/11 und 2012/13 im Marchfeld, einer im Osten Wiens gelegenen, bedeutenden österreichischen Ackerbauregion, geprüft.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (538 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag, 10,6°C durchschnittliche Jahrestemperatur, Tschernosem, schluffiger Lehm) durchgeführt. Zur Prüfung kam ein Sortiment an Winterackerbohnen bestehend aus gängigen Sorten aus verschiedenen europäischen Ländern. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der Sorten Diva (Frankreich) und Hiverna (Deutschland) gezeigt. Zum Vergleich wurde die Sommerackerbohne Alexia (Österreich) und Winterweizen (Xenos) gesät. Die Aussaat erfolgte am 14.10.2010 bzw. am 15.10.2012 (Winterackerbohnen, Winterweizen) sowie am 22.3.2011 bzw. am 12.3.2013 (Alexia). Die Ernte erfolgte am 12.7.2011 bzw. am 31.7.2013. Zur Ernte wurde Bodenproben zur Bestimmung des mineralischen Nitrat-Stickstoffes aus einer Tiefe von 0-0.9 m gewonnen. Die Stickstofffixierungsleistung wurde mithilfe der erweiterten Differenzmethode nach Stülpnagel (1982) ermittelt (Referenzfrucht Winterweizen).

Der Winter 2010/11 war durch starke Kahlfröste geprägt, während der Winter 2012/13 mild war. In der Vegetationsperiode 2010/11 kam es aufgrund trockener Bedingungen und einer Mischinfektion der Ackerbohnen zu einer raschen Abreife der Bestände.

Ergebnisse und Diskussion

Die Überwinterung der Winterackerbohnen war im härteren Winter 2010/11 beeinträchtigt, während Winterweizen in beiden Jahren keine Probleme hinsichtlich Überwinterung hatte. Die geringere Überwinterung sowie trockene Bedingungen in der Vegetationsperiode 2010/11 beeinträchtigten den Kornertrag der Ackerbohnen, während 2012/13 mit dem Winterweizen vergleichbare Erträge erzielt werden konnten. Der N-Gehalt der Körner schwankte nur geringfügig zwischen den einzelnen Sorten und Jahren. Versuche in Deutschland haben gezeigt, dass

Winterackerbohnen hinsichtlich des Kornertrages Sommerackerbohnen überlegen sein können (Gasim und Link, 2007; Sass, 2009). Diese Beobachtung konnten wir in keinem der beiden Jahre machen.

Der N-Ertrag der oberirdischen Biomasse der Ackerbohnen war in beiden Jahren höher als jener des Winterweizens, insbesondere im Jahr 2012/13, wobei es zwischen den beiden Winterackerbohnen und der Sommerackerbohne keine Unterschiede gab. Der mineralische Nitrat-Stickstoff im Boden (0-90 cm) war in beiden Jahren zur Ernte in den Ackerbohnenvarianten höher als im Weizen, vor allem im zweiten Versuchsjahr. Die Stickstofffixierungsleistung der Ackerbohnen lag zwischen 6,6 und 10,7 g m⁻² im Jahr 2010/11 und zwischen 21.3 und 22.6 g m⁻² im Jahr 2012/13. Auch hier gab es keine Unterschiede zwischen den Winterackerbohnen und der Sommerackerbohne.

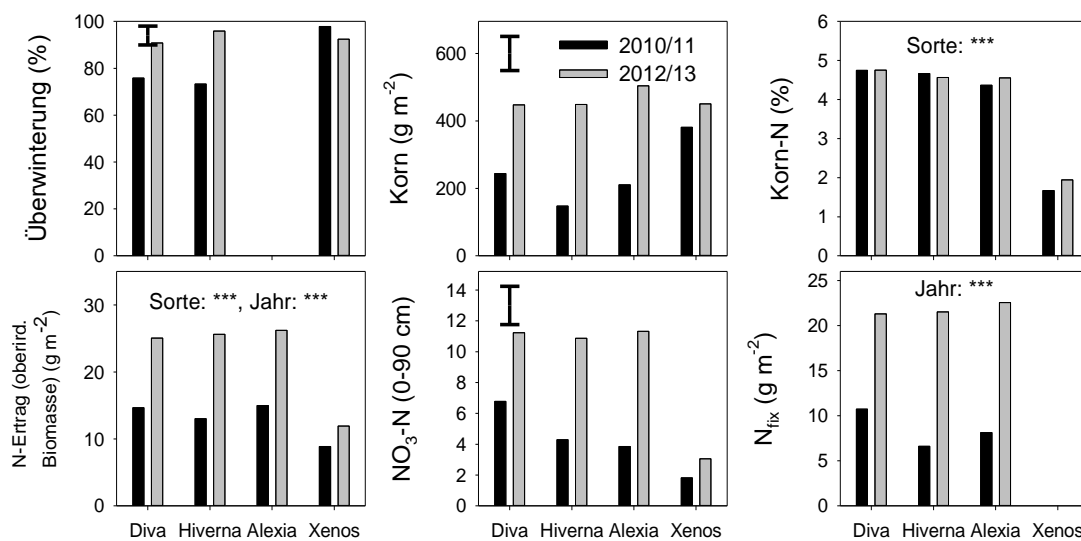


Abb. 1: Überwinterung, Kornertrag, Korn-N (%), N-Ertrag der oberirdischen Biomasse, NO₃-N im Boden (0-90 cm) und N-Fixierungsleistung der Winterackerbohnen Diva und Hiverna, der Sommerackerbohne Alexia sowie zum Vergleich des Winterweizens Xenos (n=4)

Literatur

- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen L., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3, 1–25.
- Moitzi, G., Szalay, T., Schüller, M., Wagentristl, H., Refenner, K., Weingartmann, H., Liebhard, P., Boxberger, J., Gronauer, A., 2013. Effects of tillage systems and mechanization on work time, fuel and energy consumption for cereal cropping in Austria. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15, 94–101.
- Neugschwandtner, R.W., Liebhard, P., Kaul, H.-P., Wagentristl, H., 2014. Soil chemical properties as affected by tillage and crop rotation in a long-term field experiment. *Plant, Soil and Environment* 60, 57–62.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J., 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil & Tillage Research* 118, 66–87.

Klimawandel regional: Kommt die norddeutsche Landwirtschaft in kritische Phasen?

Maximilian Strer¹, Nikolai Svoboda¹ und Antje Herrmann²

¹Institut für Landnutzungssysteme / Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg; ²Abteilung Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau / Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel.
E-Mail: strer@zalf.de

Einleitung

Die Ertragsbildung von Kulturpflanzen wird insbesondere durch die in kritischen Phasen vorherrschenden Umweltbedingungen beeinflusst (Gobin 2012). Werden diese Prozesse in Simulationsmodellen nicht entsprechend quantifiziert, ist die Validität von Modellen eingeschränkt. Durch Häufigkeitsanalyse von in kritischen Phasen vorliegenden Umweltindikatoren können jedoch Risiken abgeleitet werden, welche die Auswertung von Modellen unterstützen. Ziel dieser Studie war es, kritische Phasen für ausgewählte Kulturarten zu identifizieren und Umweltbedingungen zu quantifizieren, die während dieser Phasen stark limitierend auf die Ertragsbildung wirken.

Material und Methoden

Die primären kritischen Phasen und Indikatoren, welche stark ertragslimitierende Umweltbedingungen während dieser Phasen anzeigen, wurden für ausgewählte, typische Ackerkulturen Norddeutschlands mittels Literaturrecherche identifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Es ergeben sich folgende primären, kritische Phasen: Blüte für Weizen, Raps und Mais, frühe Blattstadien bei der Zuckerrübe und die Knollenanlage bei der Kartoffel (Gobin 2012). Der Eintritt in eine Phase kann mittels Temperatursummen (PTU) dynamisch berechnet werden (**Tabelle**).

Tabelle 1. Temperatursumme (PTU_{krit}) bis zum Eintritt in primäre kritische Phase und Basistemperatur ausgewählter Ackerkulturen (Gobin 2012).

| Ackerkultur | | Weizen | Kartoffel | Zuckerrübe | Raps | Mais |
|------------------------|------|--------|-----------|------------|------|------|
| T _{basis} | [°C] | 4 | 7 | 6 | 5 | 8 |
| PTU _{krit} *) | [°C] | 850 | 700 | 250 | 800 | 850 |

Der in gemäßigten Breiten oft am stärksten limitierend wirkende Umweltfaktor ist die Temperatur. Sie begrenzt den Wachstumsbereich während verschiedener Phasen, beispielsweise der Blüte (T_{max} Blüte, T_{min} Blüte), oder als letale Schwellenwerte für die gesamte Wachstumsperiode (T_{min,letal}) (Tabelle 2). Episodisch auftretende Trockenheit ist ein weiterer limitierender Umweltfaktor. Sie kann über kritische Bodenfeuchte definiert werden, im äußersten Fall über den Wassergehalt am permanenten Welkepunkt (PWP). Das Sättigungsdampfdruckdefizit bietet eine feinere Möglichkeit zwischen trocken-heißen bis feucht-kalten Bedingungen zu unterscheiden (Tabelle 2). Letztere Indikatoren können durch Pflanzen- und Bodenwassermodellen erschlossen werden. Die hier genannten Schwellenwerte

zeigen die Grenzen des Wachstumsbereiches und somit die äußerste Wirkung der genannten Umweltbedingung auf die Pflanze. Für die Ertragsbildung ist insbesondere relevant, wie und in welchem Umfang Pflanzen bereits vor Erreichen dieser Schwellenwerte auf solche Umweltbedingungen reagieren.

Tabelle 2. Ausgewählte Schwellenwerte verschiedener Umweltindikatoren, die den Wachstumsbereich von Kulturarten begrenzen.

| Indikator | Schwellenwert | Auswirkung | Quelle |
|---|--|----------------------|---|
| T_{\max} Blüte [°C] | 37.3 ^M / 21.0 ^W | T > kein Wachstum | ^M Mais: Sanchez et al. 2014 |
| T_{\min} Blüte [°C] | 7.7 ^M / 9.5 ^W | T < kein Wachstum | ^W Weizen: Porter und Gawith 1999 |
| T_{\min} letal* [°C] | -1.9 ^M / -17.2 ^W | T < letal (Kälte) | |
| Sättigungs- dampf- druckdefizit [kPa] | <0.5 kühl-feucht | reduziertes Wachstum | Gobin 2012 |
| | 0.9-1.0 optimal | optimal | Rodriguez und |
| | >2 heiß-trocken | kein Wachstum | Sadras 2007 |
| θ^*) [V/V] | θ_{PWP}^{**}) | letal | |

*) θ – Bodenwassergehalt **) θ_{PWP} - Bodenwassergehalt am Welkepunkt.

Das *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* (DSSAT, Hoogenboom et al. 2012) ist ein geeignetes Pflanzenwachstumsmodell, um Risiken durch den Klimawandel auf Erträge abzuschätzen (Strer et al. 2014). Weiterhin ist es geeignet, die hier diskutierten Indikatoren abzubilden. In einem nächsten Schritt sollen diese Indikatoren mittels Pflanzenmodellierung für das rezente Klima und verschiedene Klimaszenarien für Norddeutschland ausgewertet werden, um über die Häufigkeit des Erreichens von Schwellenwerten während kritischer Phasen Rückschlüsse auf zukünftige Ertragsrisiken ziehen zu können.

Literatur

- Gobin, A. 2012: Impact of heat and drought stress on arable crop production in Belgium. *Natural Hazards and Earth System Science* 12: 1911–1922.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones, P. W. Wilkens, C. H. Porter, K. J. Boote, L. A. Hunt, U. Singh et al. 2012: *Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.5 [CD-ROM]*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Porter, J. & M. Gawith 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: A review. *European Journal of Agronomy* 10: 23–36.
- Rodriguez, D. & V. O. Sadras 2007: The limit to wheat water use efficiency in eastern Australia, I. Gradients in the radiation environment and atmospheric demand. *Australian Journal of Agricultural Research* 58:287–302.
- Sánchez, B., A. Rasmussen & J. R. Porter 2014: Temperatures and the growth and development of maize and rice: A review. *Global Change Biology* 20:408–417.
- Strer, M., N. Svoboda & A. Herrmann 2014: Yield 2040: Risks and opportunities for the German agriculture. A modelling approach. In: *Proceedings of the International Farming Systems Association, 11th European IFSA Symposium - Berlin*.

Standortspezifische Leistungsfähigkeit von Sorghumsorten (*Sorghum bicolor* L.) zur Biomasseproduktion

Gaudchau, Michael

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Schubertstr. 81,
35392 Gießen, Michael.Gaudchau@agr.uni-giessen.de

Einleitung

Bei Wärme liebenden Kulturpflanzen, wie Mais und Sorghum werden häufig Klimafaktoren heran gezogen, um die Anbaueignung an bestimmten Standorten vorab bestimmen zu können. Für Sorghum als relativ neue Kulturpflanze in Mitteleuropa gilt aufgrund entsprechender Untersuchungen eine Minimaltemperatur von + 10°C für die Nettoassimilation (Gerik et al. 2003). Daneben kann die Bodengüte des jeweiligen Standortes eine maßgebliche Rolle spielen. Das Ziel der durchgeführten Versuche bestand darin, die Anbaueignung ausgewählter Sorghum-Sorten in Abhängigkeit von den Standortbedingungen zu prüfen.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 und 2013 wurden an den Standorten Groß-Gerau (Hessisches Ried, AZ 25), Gießen (Lahnaue, AZ 65) und Rauischholzhausen (mittelhessisches Bergland, AZ 70) Feldversuche mit einem ausgewählten Sortiment an Sorghum-Sorten bzw. -stämmen durchgeführt. Die Versuche wurden als einfaktorielle randomisierte Blockanlage mit jeweils vier Wiederholungen angelegt. Die Aussaat erfolgte nach Erreichen der Tagesmittel-Temperatur von 10 °C. Die Pflanzendichte betrug 35 Pflanzenzahl/m², die N-Düngung wurde mit 120 kg N/ha bemessen. Am Standort Groß-Gerau wurde je nach Bedarf beregnet. Die Ernte erfolgte mit Parzellenhäcksler. Als Prüffaktoren wurden die FM-Erträge, TM-Erträge und die TM-Gehalte der Gesamtpflanzen, die Pflanzenlänge und Lagerneigung, bestimmt. Auf der Grundlage der Lufttemperaturen der jeweiligen Versuchsstationen erfolgte die Bestimmung der Temperatursummen (Basis 10 °C) für Sorghum für die Zeit von Aussaat bis Ernte.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Groß-Gerau wurden für Sorghum in den Versuchsjahren 2012 und 2013 Temperatursummen von mehr als 1000 °C ermittelt (Tab. 1). Deutlich niedriger

Tab.1: Temperatursummen (Basis: 10°C) und Vegetationstage von Aussaat bis Ernte an den Standorten Groß-Gerau, Gießen und R-Holzhausen 2012 und 2013

| Jahr | Parameter | Groß-Gerau | Gießen | R-Holzhausen |
|------|---------------------|------------|--------|--------------|
| 2012 | Temperatursumme, °C | 1054 | 833 | 827 |
| | Vegetationstage | 129 | 140 | 131 |
| 2013 | Temperatursumme, °C | 1052 | 937 | 894 |
| | Vegetationstage | 140 | 126 | 138 |

liegen die Temperatursummen an den Standorten Gießen und Rauischholzhausen. Bei 10 von 14 Sorten/Stämmen war die Ertragsleistung mit der Temperatursumme

positiv korreliert. Der Einfluss der Bodengüte (AZ) scheint dagegen bei Sorghum eine geringere Bedeutung zu haben als bei C3-Kulturpflanzen.

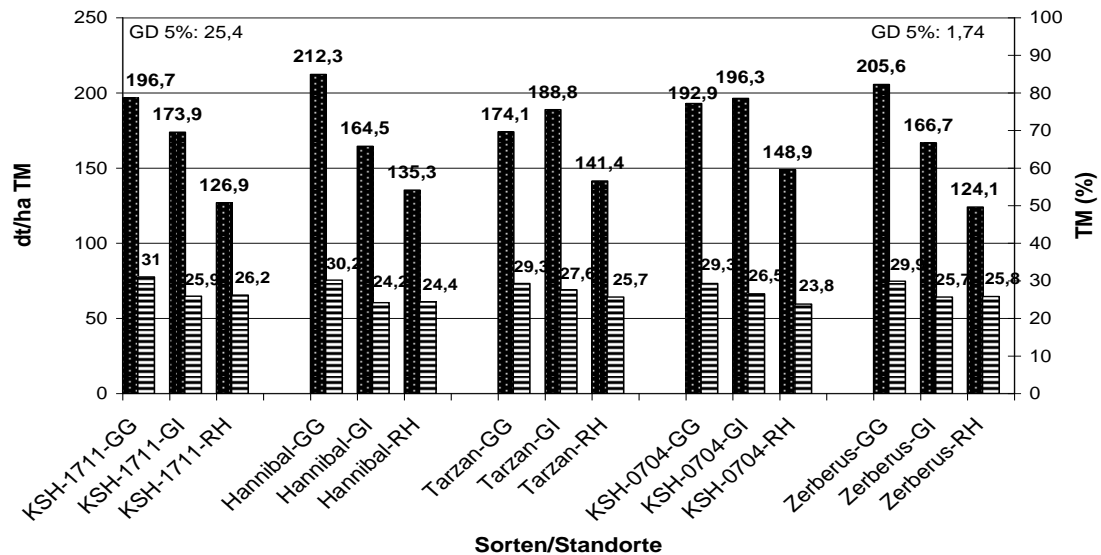


Abb.1: Biomasse-Erträge und Trockenmassegehalte von *Sorghum bicolor x bicolor*-Sorten/Stämmen an den Standorten Groß-Gerau (GG), Gießen (GI) und Rauschholzhausen (RH) in der Vegetationsperiode 2013

Die TM-Gehalte der geprüften Sorghum-Sorten/Stämme unterlagen einer deutlichen Beeinflussung durch den Standort. In Groß-Gerau wurden TM-Gehalte von etwa 29 - 31 % erreicht (Abb. 1). Demgegenüber lagen die TM-Gehalte in Gießen und Rauschholzhausen bei etwa 25 %.

Es zeigten sich große standortbedingte Unterschiede in der Lagerneigung, die in den meisten Fällen von lokalen Wetterereignissen beeinflusst wurden. Hierbei war der Standort Groß-Gerau in mehreren Jahren von Unwettern betroffen. Die Wuchshöhen variierten im Jahr 2012 zwischen den Standorten im Versuchsmittel von 3,07 bis 3,35 m nur geringfügig. Im Jahr 2013 lag dieser Wert mit 3,41 m in Groß-Gerau am höchsten und mit 3,18 m in Gießen am niedrigsten. Insgesamt zeigen die Resultate, dass Sorghum bei Temperatursummen von etwa 1000 °C auch auf sorptionsschwächeren Böden gute Biomasse-Erträge bei ausreichenden TM-Gehalten erzielen kann.

Literatur

Gerik, T, Bean, B., Vanderlip, R. (2003): Sorghum growth and development. Temple TX; Amarillo TX, USA: The Texas A&M University System; Texas cooperative Extension, Nr. B 6137 7-03

Silierung und Biogasbildung von Mischsilagen mit Rübe und Stroh

Frank Höppner¹, Astrid-Simone Hecht² und Thorsten Ahrens²

¹Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, 38116 Braunschweig; ²Lehrstuhl für Bio- und Umwelttechnik, Ostfalia, 38302 Wolfenbüttel. E-Mail: frank.hoepfner@jki.bund.de

Einleitung

Infolge der starken Zunahme des Maisanbaus zur Biogasgewinnung, wurde dessen Einsatzmenge mit der Änderung des EEG 2012 für neu erstellte Biogasanlagen auf maximal 60 Masseprozent begrenzt (FNR, 2013). Als eine Alternative kann die Zuckerrübe als Substrat für die Biogaserzeugung in Betracht gezogen werden. Die Rübe hat einen sehr hohen Energieflächenertrag und vorteilhafte Fermentationseigenschaften. Wie auch der Mais, kann die Rübe in Form von Silage in die Biogasanlage eingebracht werden. Bei der Silierung der Rübe muss beachtet werden, dass diese einen geringen TS-Gehalt hat. Um einen optimalen Silierprozess zu ermöglichen, kann die Rübe mit einem anderen trockneren Material gemischt werden, um so deren niedrigen TS-Gehalt auf mehr als 30% anzuheben. Als trockenes Zumischungsmaterial könnte sich beispielsweise das in Deutschland in ausreichender Menge als Reststoff vorhandene Stroh anbieten.

Material und Methoden

Mit den Ausgangsmaterialien Zuckerrüben und Weizenstroh (Dittmendorfer GmbH, gesplittet: 10-25 mm) wurden die Mischvarianten Blatt/Stroh (Bl/St), Rübenkörper/Stroh (Rü/St) und Gesamtpflanze/Stroh (Ges/St) in einem Cutter hergestellt. Dabei erfolgte eine Zerkleinerung der jeweiligen Rübenpflanzenteile zur Schnitzelgröße. Zur Erzeugung der Silagen sollten die Mischungen einen TS-Gehalt von 35% erreichen. Die den Rübenpflanzenteilen zugegebene Strohmenge wurde anhand der jeweiligen TS-Gehalte der Mischungspartner kalkuliert (Stroh: 89,12%, Blatt: 14,07%, Rübenkörper: 22,09%, Gesamtpflanze: 19,64%). Das gemischte Material je Variante wurde dann in drei mit Alkohol desinfizierte 1,5 l Weckgläser (Laborsilo) gefüllt und mit einem Deckel mit Ablassventil luftdicht verschlossen. Jede Mischungsvariante wurde zweifach erzeugt. Die zweite Variante wurde zusätzlich vor der Füllung mit dem chemischen Siliermittel KOFASIL®Stabil (Addcon GmbH, DLG-Zulassung der Wirkungskategorie 2) behandelt, die zukünftig als „Kontrolle“ (K) und „Zusatz“ (Z) bezeichnet werden. Nach Öffnung der Silagen (197. Tag) erfolgte die Prüfung der Silagequalität: pH-Wert, Gärprodukte, Gärverluste und aerobe Stabilität (Messtage: 9). Anschließend erfolgte eine 70-tägige Vergärung der Silagen nach VDI 4630-Vergärung organischer Stoffe in 20 l Getränkefässern der Firma Speidel, gefüllt mit 15 kg Impfschlamm, mesophil, 0,95% oTS u. Silagensubstrat in Nylonbeuteln, in einem konstant temperierten Wasserbad von 40 °C. Während des Prozesses wurden an mehreren Tagen die entstehende Biogasmenge und Methananteile erfasst. An gleichen Tagen der Gasmessung fand am 9., 21., 35., und 70. Tag eine Entnahme von Nylonbeuteln (Doppelbestimmung) statt. Die Nylonbeutel wurden gewaschen, bei 60 °C getrocknet, gewogen und der darin enthaltene Gärrest vermahlen. In Silagen und Gärresten wurden analysiert: Wasserlösliche Kohlenhydrate (WSC), Hemicellulose, Cellulose und Rohfaser. Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes erfolgte nach Weißbach und Strubelt (2008).

Ergebnisse und Diskussion

Der in den Mischungen angestrebte TS-Gehalt von 35% konnte weitgehend realisiert werden: BI/St 32,13%, Rü/St 34,61%, Ges/St 35,61%. Die Strohanteile waren aufgrund der unterschiedlichen Feuchten der Rübenbestandteile verschieden hoch (BI/St 1:1,8, Rü/St 1:0,8, Ges/St 1:1,1). Nach Öffnung der Silagen konnte bedingt durch niedrig erreichte pH-Werte, die zwischen 4,0 (Ges/St K) und 4,3 (BI/St K) lagen, auf eine erfolgreiche Konservierung geschlossen werden. Die Gärprodukte Milch- und Essigsäure trugen mit hohen Gehalten hauptsächlich zur Absenkung des pH-Wertes bei. Die unerwünschte Buttersäure wurde durchweg nicht beobachtet. Sie tritt eher bei feuchten Silagen mit wenig vergärbaren Kohlenhydraten auf (Pahlow und Hünting, 2011). Durch hohe Eingangsgehalte an WSC von 10,52% (BI/St), 33,36% (Ges/St) und 41,24% (Rü/St) in den Ausgangsmischungen waren diese ausreichend vorhanden. Während des Silierprozesses traten Substanzverluste auf. Diese lagen zwischen 4,1% (BI/St Z) und 6,5% (Rü/St K). Die mit dem Siliermittel behandelten Varianten hatten dabei im Vergleich zu den Kontrollen geringere Verluste zu verzeichnen. Massebezogen wurden dabei die WSC von 40% (Rü/St Z) bis zu mehr als 90% (BI/St K) beansprucht. Auch die Faserstoffe wurden schon leicht umgesetzt. Alle Silagen waren über die Messdauer von 9 Tagen aerob stabil, lediglich Ges/St K erwärmte sich schon nach 7 Tagen. Die höchsten Biogas- und Methanausbeuten waren bei den Rü/St-Mischungen zu beobachten (Tab.1). Der Substratabbau und die Umsetzung der Inhaltsstoffe erfolgten gegenüber den anderen Varianten schneller sowie in einem höheren Ausmaß (Tab. 1, vergl. Tag 35 mit 70). Dazu trugen auch die verschiedenen hohen WSC-Gehalte im Silagematerial bei, die in den Rü/St-Mischungen noch am höchsten waren (Rü/St>Ges/St>BI/St). Die WSC werden schon in den ersten Tagen des Gäransatzes abgebaut. Hinsichtlich des Faserstoffabbaus sind die unterschiedlichen Strohanteile der Varianten zu beachten.

Tab. 1: Abbaurate von Trockenmasse und faserhaltiger Inhaltsstoffe sowie kumulierte Biogas- und Methanausbeute von Zuckerrüben-Stroh-Silagen zum 35. und 70.Tag nach Gäransatz

| Variante | TM (%) | Hemicellulose (%) | Cellulose (%) | Rohfaser (%) | Biogas In/kg oTS | Methan In/kg oTS |
|-------------------------------|-----------|----------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 35 Tage nach Gäransatz | | | | | | |
| BI/St K | 78,7 | 81,2 | 79,7 | 80,7 | 478 | 269 |
| BI/St Z | 75,4 | 76,3 | 79,3 | 78,1 | 494 | 282 |
| Rü/St K | 87,5 | 80,3 | 86,8 | 83,5 | 605 | 333 |
| Rü/St Z | 88,3 | 81,8 | 86,5 | 82,6 | 619 | 331 |
| Ges/St K | 84,9 | 80,8 | 84,2 | 81,6 | 527 | 291 |
| Ges/St Z | 84,1 | 75,3 | 81,6 | 79,8 | 549 | 295 |
| 70 Tage nach Gäransatz | | | | | | |
| BI/St K | 82,9 | 86,4 | 84,8 | 86,7 | 570 | 324 |
| BI/St Z | 83,0 | 85,8 | 86,0 | 87,1 | 594 | 342 |
| Rü/St K | 92,2 | 88,9 | 92,6 | 90,2 | 675 | 366 |
| Rü/St Z | 91,9 | 88,3 | 90,9 | 88,3 | 691 | 374 |
| Ges/St K | 87,5 | 86,7 | 87,8 | 86,3 | 585 | 320 |
| Ges/St Z | 88,2 | 84,5 | 87,4 | 86,9 | 594 | 318 |

Literatur

- FNR, 2013: Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), 6. Aufl., Gülzow
- Weißbach, F., Strubelt, C., 2008: Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Zuckerrübensilagen als Substrat für Biogasanlagen, Landtechnik, 6, 354-355
- Pahlow, G., Hünting, K., 2011: Gärungsbiologische Grundlagen und biochemische Prozesse der Silagebereitung in: Praxishandbuch Futter – und Substratkonservierung, 8. Aufl., DLG, Frankfurt, 73-82.

Optimierung des Anbauverfahrens von Zuckerrüben zur Biogasgewinnung

Jorita Krieger¹, Michael Baumecker¹, Andreas Muskolus² und Frank Ellmer¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Berlin; ²Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte, Berlin. E-Mail: Jorita.Krieger@agrار.hu-berlin.de

Einleitung

Hohe Trockenmasse- bzw. Zuckererträge werden vorrangig durch eine Erhöhung des Rübenenertrages erreicht. Bei der Ernte verbleibt mit dem Rübenkopf ein Teil des gewachsenen Ertrages auf dem Feld. Diese Köpfverluste können durch einen höheren Köpfschnitt oder durch das Entblatten der Rüben reduziert werden. Entblatete Zuckerrüben sind ein interessanter Rohstoff für die Biogasproduktion. Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojektes wurde der Einfluss verschiedener Ernteverfahren auf Ertrag und Qualität bei Zuckerrüben untersucht.

Material und Methoden

In der Region Berlin-Brandenburg wurden in den Jahren 2011 bis 2013 auf drei Standorten (schwach schluffiger/anlehmiger Sand, Tab. 1) Feldversuche angelegt.

Tab. 1: Bodentextur (Gew. %) im Oberboden, Jahresniederschlagshöhe (NS, mm) und Jahresdurchschnittstemperatur (T, °C)

| Standort | Körnungsart | | | Klima (IjM 1981 – 2010) | |
|---------------|-------------|---------|-----|-------------------------|-----|
| | Sand | Schluff | Ton | NS | T |
| Berge | 75,6 | 16,6 | 7,8 | 516 | 9,6 |
| Berlin-Dahlem | 72,1 | 25,0 | 2,9 | 562 | 9,9 |
| Thyrow | 83,1 | 14,2 | 2,7 | 510 | 9,2 |

Legende: IjM = langjähriges Mittel

Versuchsfaktoren waren Sorte (N-Typ, Z-Typ), mineralische Stickstoffdüngung (0, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ N) und Ernteverfahren (NK = Köpfschnitt unterhalb der lebenden Blattansätze, MK = um ca. 1 cm höherer Köpfschnitt, SG = Schlegeln). Die Ernte erfolgte mit einem einreihigen Rübenroder. Im Verfahren Schlegeln wurden die Blätter zuvor maschinell entfernt. Die Erntequalität wurde an 10 Rüben pro Parzelle bonitiert sowie die Ertrags- und Qualitätsparameter im Labor der Firma Syngenta® analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware SAS® Version 9.4.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erntequalität wurde maßgeblich durch das Ernteverfahren beeinflusst. Im Mittel der Standorte (Berge, Thyrow) und Jahre (2012/13) entstanden beim Normalköpfen Ertragsverluste durch zu tiefes Köpfen bei 22 % der Rüben. Durch den höheren Köpfschnitt wurde dieser Wert auf 7 % sowie der Anteil schräg geköpfter Rüben von 42 auf 35 % reduziert. Allerdings stieg der Anteil ungeköpfter Rüben von 10 auf 22 % an. Die Verluste durch zu tief und schräg geköpfte Rüben werden beim Schlegeln weitgehend vermieden, was neben der Ernte des Rübenkopfes den größten Ertragsvorteil dieses Verfahrens ausmacht (Hoffmann und Wulkow, 2011). Allerdings war im Verfahren Schlegeln, aufgrund von Verletzungen des Rübenkopfes während des Entblattens und der Rodung, der Anteil verletzter Rüben überdurchschnittlich

hoch. Die resultierenden erhöhten Masseverluste, u.a. durch Bruchverluste und möglicherweise eine erhöhte Atmung an den Schnitt- bzw. Bruchstellen, können durch eine optimierte Maschineneinstellung reduziert werden. Zudem ist dieses Verfahren eher geeignet für Bestände mit gleichmäßiger Scheitelhöhe. Darüber hinaus erzielte die Sorte vom Z-Typ i.d.R. eine bessere Erntequalität als die Sorte vom N-Typ. Außerdem nahmen mit steigender Stickstoffdüngung der Anteil schräg geköpfter Rüben und das Auftreten von Wurzelbruch tendenziell zu.

Der Einfluss der Ernteverfahren auf den Ertrag war abhängig von der Umwelt (Standort*Jahr). Es zeigte sich die Tendenz, dass das Schlegeln eher in ertragschwächeren Umwelten dem Minimalköpfen überlegen war. Dies ist wahrscheinlich auf einheitlichere Scheitelhöhen der Bestände durch kleinere Rübenkörper zurückzuführen. Folglich wurde in dem ertragsstarken Jahr 2012 auf den Standorten Berge und Thyrow der höchste Rübenenertrag durch das Minimalköpfen erzielt (+ 5 bzw. + 11 %, 100 % = NK). Im Gegensatz dazu lag der Rübenenertrag im Jahr 2013 auf allen Standorten im Verfahren Schlegeln um 9 (Thyrow) bis 16 % (Berge) über dem Normalköpfen.

Die Qualitätsparameter Zucker- und Bereinigter Zuckergehalt erreichten auf allen Standorten im Verfahren Schlegeln die geringsten Werte. Im Gegensatz dazu hatte das Ernteverfahren i.d.R. keinen Einfluss auf die Parameter Amino-N-Gehalt und Standardmelasseverlust.

Der Zuckerertrag variierte ähnlich wie der Rübenenertrag in Abhängigkeit von der Umwelt und wurde durch das Minimalköpfen stets gegenüber dem Normalköpfen erhöht (+ 4 bis + 11 %). Die Ertragseffekte des Schlegelns fielen zwar teilweise höher aus (in Berge bis + 16 %, NK = 100 %), allerdings wurden einzig im Jahr 2013 in diesem Verfahren auf allen Standorten die höchsten Erträge erreicht (Tab. 2).

Tab. 2: Einfluss des Ernteverfahrens auf den Zuckerertrag (Mittelwerte, t ha⁻¹)

| Ernteverfahren | Berge | | | Berlin-Dahlem | | | Thyrow | | |
|----------------|-------|------|------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 |
| NK | 12,2 | 15,7 | 14,1 | 17,7 | 16,0 | 12,2 | 14,1 | 14,2 | 10,4 |
| MK* | 13,5 | 16,4 | 14,9 | - | - | - | 15,5 | 15,7 | 11,0 |
| SG | 14,2 | 15,0 | 15,6 | 17,3 | 16,5 | 13,3 | 13,6 | 14,2 | 11,1 |

*Das Verfahren Minimalköpfen wurde auf dem Standort Berlin-Dahlem nicht getestet.

Im dreijährigen Mittel wurde der Zuckerertrag weniger durch die Sorte, als vielmehr durch die N-Düngung beeinflusst. Die ertragsbetonte Sorte reagierte auf steigende N-Düngung mit deutlicheren Qualitätseinbußen als die Sorte vom Z-Typ, kompensierte dies allerdings beim Zuckerertrag durch einen höheren Rübenenertrag.

In Abhängigkeit des Standortes und insbesondere des N_{min}-Gehaltes des Bodens lag die optimale Höhe der N-Düngung bei 80 kg ha⁻¹ N, auf dem leichten Standort Thyrow vereinzelt auch bei 160 kg ha⁻¹ N.

Insgesamt zeigte sich das Minimalköpfen im Vergleich zum Schlegeln als zuverlässigeres Verfahren. Allerdings ist eine Überprüfung dieser Ergebnisse mit praxisüblicher Technik auf Großparzellen z.B. in On-Farm-Versuchen empfehlenswert.

Literatur

Hoffmann C., Wulkow A. (2011): Erntequalität und Ertrag von entblätterten Rüben. dzz NR 2. – März 2011:16

***Silphium Perfoliatum* L. - eine Alternative in der Produktion nachwachsender Rohstoffe in Österreich**

Ferdinand Deim¹, Josef Mayr², und Peter Liebhard¹

¹Abteilung Pflanzenbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien; E-Mail: ferdinand.deim@boku.ac.at

²Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen Abteilung: Bienenkunde, Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien.

Einleitung

Mit *Silphium perfoliatum* L. könnte in Österreich in Regionen mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge ein Teil des Substrataufkommens für Biogasanlagen gedeckt werden. In diesen Produktionsgebieten käme es gleichzeitig auch zu einer Verminderung der Mais-Monokulturflächen. Die thermische Verwertung, die Nutzung als Biokraftrohstoff oder eine kombinierte Verwertung zu Alkohol und Biogas aus Fermentationsrückständen wären zusätzliche Nutzungsoptionen. *Silphium perfoliatum* L. als Nutzpflanze ist im österreichischen Ackerbau neu. Diese Pflanze kommt aus dem Nordosten Nordamerikas und wurde von den Ureinwohnern auch als Heilpflanze eingesetzt. Die perennierende Pflanze weist ein hohes Ertragspotential auf und ist wegen der langen Blühdauer (von Anfang Juli bis Mitte Oktober) auch eine bedeutende Bienenweide.

Material und Methoden

Im Osten und Südosten Österreichs wurden im Frühjahr 2012 an vier boden- und klimabezogen unterschiedlichen Standorten Feldversuchsanlagen angelegt. Vergleichsfruchtart ist Silomais. Der Standort Schönfeld (3811 Schönfeld an der Wild), befindet sich im Mitteleuropäischen Übergangsklima (Jahresdurchschnittstemperatur 6,8 °C und einem Jahresniederschlagsmittel 643 mm). Der Standort Grabenegg bietet optimale Wachstumsbedingungen (Zinsenhof-Grabenegg, 3244 Ruprechtshofen). Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,4 °C und es fallen ca. 686 mm Niederschlag per anno. Das Versuchsfeld am Standort Hirschstetten-Wien befindet sich auf geschüttetem Rumpfboden. Die vorherrschende Jahresmitteltemperatur liegt bei 10,6 °C und es fallen Ø 536 mm Jahresniederschlag. Am südlichsten Versuchsstandort in Strem bei Güssing (A-7522 Strem) wurde ein 1,1 ha großes Feld mit *Silphium perfoliatum* L. bepflanzt; diese große Fläche dient zur Erfahrungssammlung und für die Umsetzung in die Praxis (Auspflanzung, Unkrautbekämpfung Erntetechnik). Strem liegt im illyrischen Klimaraum mit einer Durchschnittstemperatur von 10,8 °C und 759 mm Niederschlag per anno. Das Feld ist bodenbezogen geringwertiges Ackerland (www.bfw.ac.at/ebod.html). Auf allen vier Standorten werden unterschiedliche Erntetermine und Erntestrategien beurteilt. Bei Erntestrategie 1 erfolgt die Ernte Ende September bis Mitte Oktober. Bei Erntestrategie 2 erfolgen zwei Ernten, die Erste Ende Juni bis Mitte Juli (mit und ohne Vorwelken des Erntegutes), die zweite Ernte Ende Oktober.

Ergebnisse und Diskussion

Silphium perfoliatum L. als perennierende Pflanze weist im Frühjahr durch ihr tiefreichendes Wurzelsystem einen Wachstumsvorsprung gegenüber dem Mais auf.

Bereits Mitte bis Ende April wurde der Bestandesschluss erreicht, wobei der Mais erst gesät wird. Durch die extreme Sommertrockenheit 2013 kam es zu einem relativ frühen Abschluss des vegetativen Wachstums, der Biomassebildung. In der *Silphium perfoliatum* L. Nutzungsstrategie 2 als Biogassubstrat (1. Schnitt Anfang Juli, 2. Schnitt Ende Oktober bis Mitte November) konnte dies anhand des jeweiligen Trockenmasseertrages (Tabelle 4) ermittelt werden. Die eingetretene Sommertrockenheit 2013 fiel mit der Hauptblütezeit zusammen. Die Blüte ist ein Entwicklungsstadium der Pflanze mit einem sehr hohen Wasserbedarf. Das weitere *Silphium perfoliatum* L. Wachstum war auf allen Standorten außer Grabenegg (hoher Bodenwasservorrat) stark eingeschränkt. Die *Silphium perfoliatum* L. C3 Pflanze ist in der Assimilationsleistung bei Temperaturen über 30°C gegenüber dem Mais als C4 Pflanze im Nachteil. Der Mais konnte in der Zeit, sofern Wasser verfügbar war, deutlich mehr Biomasse bilden als die Silphie .

Trotz des unterschiedlichen Verhaltens aufgrund der starken Sommertrockenheit wurde bei *Silphium perfoliatum* L. im Vergleich zu Mais bei der Ernte Anfang Oktober 2013 ein höherer Biomasseertrag erreicht (Tabelle 4).

Tabelle 1: Trockenmasseerträge (t/ha) für *Silphium perfoliatum* L. und Mais, Vegetationsjahr 2013

| TM Ertrag <i>Silphium perfoliatum</i> L. und Mais | | Hirschstetten | | Schönfeld | | Gabenegg | | Strem | |
|---|----------|---------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| | | TM in (t/ha) | TM Anteil (Prozent) | TM in (t/ha) | TM Anteil (Prozent) | TM in (t/ha) | TM Anteil (Prozent) | TM in (t/ha) | TM Anteil (Prozent) |
| Silphie Erntestrategie 1 | | 13,84 | 31,52 | 14,76 | 30,16 | 17,88 | 20,35 | 10,03 | 49,66 |
| Silphie Erntestrategie 2 | 1. Ernte | 15,95 | 22,79 | 16,83 | 15,34 | 11,18 | 11,08 | 11,15 | 35,97 |
| | 2. Ernte | 1,62 | 19,81 | 2,64 | 23,59 | 4,08 | 22,64 | 1,59 | 22,12 |
| | gesamt | 17,56 | | 19,47 | | 15,26 | | 12,74 | |
| Mais | | 12,61 | 32,44 | 10,54 | 28,88 | 14,64 | 32,35 | 6,56 | 35,96 |

Die Trockenmasseerträge (TME) von *Silphium perfoliatum* L. lagen bei beiden Erntestrategien, trotz Kälte im Frühjahr, bei durchschnittlich hohen Niederschlagsmengen im Juni und bei extremer Hitze- und längeren Trockenperioden im Sommer (Mitte Juli bis Mitte September), über denen des Maises (Tabelle 1). Die TME der Erntestrategie 1, mit einmaliger Ernte im September, lag nur am Standort Grabenegg über jenen der 1. Ernte (Ernte Anfang Juli) der Erntestrategie 2. Bei allen übrigen Standorten lagen die Erträge der ersten Ernte der Erntestrategie 2 über jenen der Erntestrategie 1. Dieses Ergebnis lässt sich zum Teil durch die hohe Wasserspeicherung im Boden am Standort Grabenegg erklären; die extreme Hitze- und die lange Trockenperiode im Juli und August kam auf diesem Standort nicht voll zur Wirkung. Es kam auch zu keinen vorzeitig hohen Blattverlusten und frühem Absterben der Stängel.

Literatur

Verwendete Literatur (Großteils nicht angeführt) ist beim Erstautor erhältlich

Alternative mehrjährige Gräserarten für die energetische Nutzung und Futterproduktion

J. Schrabauer¹, P. Liebhard¹ und K. Buchgraber²

¹Universität für Bodenkultur, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Wien; ²Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Irnding. E-Mail: josef.schrabauer@boku.ac.at

Einleitung

Auf mehrjährigen Graslandflächen können neben Futtermitteln auch Nachwachsende Rohstoffe ökologisch verträglich produziert werden. Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels werden die Grünlandflächen Mitteleuropas künftig häufiger von Trockenheit betroffen sein als bisher. Die Züchtung und der gezielte Einsatz von wassersparenden, hitzetoleranten Nutzpflanzen (Art/Sorte) im Sinne einer regional angepassten Bewirtschaftung wurde im Zuge der Klimawandelanpassungsstrategie als Handlungsoption definiert (HAAS et al., 2008).

Material und Methoden

In Feldversuchen wurden zehn potenziell trocken-tolerante Gräser (*Agropyron elongatum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron trachycaulum*, *Elymus hoffmannii*, *Elymus junceus*, *Bromus inermis*, *Bromus marginatus*, *Festuca arundinacea* und *Panicum virgatum*) angebaut und mit vier üblichen Futtergräsern in Vergleich gestellt (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis gigantea* und *Agropyron repens*). Die Parzellenversuche wurden an zwei Standorten in Niederösterreich, im Marchfeld (Ø 9,91°C und 548 mm Jahresniederschlag) und im Alpenvorland (Ø 8,71°C und 673 mm Jahresniederschlag) durchgeführt. Die Aussaat erfolgte im Herbst 2007 und Frühjahr 2008. Geerntet wurde ein- und mehrschnittig (zwei Schnitte 2009, drei Schnitte 2010). Die N-Düngung betrug in der Standardvariante 37,5 kg N ha Aufwuchs⁻¹ und im N-Steigerungsversuch 0, 75 und 150 kg N ha Aufwuchs⁻¹.

Neben TM-Ertrag und Merkmalen des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes wurden ausgewählte Qualitätskriterien (z.B. Methanausbeute nach dem Hohenheimer Biogasertragstest) bestimmt. Der TM-Ertrag wurde durch Abzug des Ruderalpflanzenertrages bereinigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Gräser zeigten Unterschiede im Wachstums- und Entwicklungsverlauf sowie in den Qualitätseigenschaften. Bei Einschnittnutzung lieferte *P. virgatum* den höchsten bereinigten Jahresertrag (14258 kg TM ha⁻¹), gefolgt von *A. elongatum* (Ø 13086 kg TM ha⁻¹). Die mehrjährige Ausdauer dieser zwei Arten war unter den Versuchsbedingungen aber nur gegeben, wenn *P. virgatum* nicht vor dem Abfrostern und *A. elongatum* nur einmal pro Jahr geerntet wurde. Die Lageranfälligkeit der beiden Arten muss beachtet werden. Bei Mehrschnittnutzung konnte *F. arundinacea* sowohl in der Ertragshöhe (12533 kg TM ha⁻¹ korrigierter Jahresertrag) als auch durch das geringe Aufkommen an Ruderalpflanzen (0,1 % Fläche) überzeugen. Beim Anbau dieser Grasart ist die nur mäßige Konkurrenzkräft während der Etablierungsphase zu berücksichtigen. Aufgrund der raschen Jungendentwicklung von *A. trachycaulum* wird erwartet, dass sich die Art für den

Einsatz als Deckfrucht in Saatgutmischungen eignet. *A. desertorum*, *A. trachycaulum*, *A. repens*, *E. junceus* und *B. marginatus* lagen im Ertrag unterhalb des Versuchsdurchschnittes (9254.5 kg DM ha⁻¹ bei Mehrschnittnutzung).

Der spezifische Methanertrag der Gräser betrug bei Mehrschnittnutzung zwischen 330 und 343 NI kg o TS⁻¹ und lag damit bei optimaler Substratzerkleinerung auf Höhe von Silomais. *F. arundinacea* lieferte den höchsten Methanertrag, die Unterschiede zu den anderen Gräsern waren aber nur bis Tag 7 der Gärtests signifikant. Bei Einschnittnutzung reduzierte sich die Methanausbeute um etwa 20%.

Überhöhte N-Düngung wirkte sich bei *A. elongatum* negativ aus. So kam es bei Düngung von 75 und 150 kg N ha Aufwuchs⁻¹ im Mittel zu keiner Zunahme des bereinigten TM-Ertrages gegenüber der Nullvariante. Gleichzeitig stieg der Besatz mit Ruderalpflanzen. *D. glomerata* reagierte dagegen bei gleicher N-Steigerung mit einem Ertragszuwachs von 77 bzw. 120% und guter Ruderalpflanzenunterdrückung.

Trockentolerante Gräserarten wie *F. arundinacea* (zur Futter- und Biogasnutzung), *A. elongatum* (v. a. Biogasnutzung) und *P. virgatum* (z.B. als Brennmaterial) könnten nach bisherigen Erkenntnissen künftig das übliche Gräserartenspektrum ergänzen.

Tabelle 1: TM-Ertrag, Methanausbeute und XP-Gehalt ausgewählter Gräser im Vergleich zu Silomais

| | TM-Ertrag bereinigt in kg ha Jahr ⁻¹ | Methausbeute in NI kg o TS ⁻¹ bis Tag 7 | Methausbeute in NI kg o TS ⁻¹ bis Tag 39 | XP-Gehalt in g kg TM ⁻¹ |
|---|--|---|--|---------------------------------------|
| Mehrschnittnutzung: | | | | |
| <i>Agrostis gigantea</i> | 11915 | 168 | 331 | 99,35 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | 10514 | 146 | 332 | 95,06 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 9712 | 158 | 330 | 90,31 |
| <i>Festuca arundinacea</i> | 12533 | 192 | 343 | 90,58 |
| <i>Agropyron elongatum "Szarvasi I"</i> | 9762 | 160 | 330 | 98,70 |
| Einschnittnutzung: | | | | |
| <i>Festuca arundinacea</i> | 9493 | 115 | 283 | 80,94 |
| <i>Agropyron desertorum</i> | 5544 | 102 | 264 | 78,36 |
| <i>Panicum virgatum</i> | 14258 | 64 | 221 | 52,61 |
| <i>Agropyron elongatum "Alkar"</i> | 13586 | 86 | 268 | 60,03 |
| <i>Agropyron elongatum "Hesa"</i> | 14055 | 95 | 275 | 57,36 |
| <i>Agropyron elongatum "Szarvasi I"</i> | 11616 | 91 | 278 | 60,49 |
| Vergleich: | | | | |
| <i>Zea mays</i> standortüblich | 18000 | 111 | 328 | 70,19 |

Tabelle 2: Charakterisierende Merkmale der Versuchsgräser, Wachstums- und Entwicklungsverlauf

| | rasche Jugendentwicklung | hoher Ertrag | langjährige Ausdauer | geringe Invasivität | Blattgesundheit | spätreif beim 1. Aufwuchs | blattreich nach 1. Aufwuchs | geringe Lageranfälligkeit |
|-------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <i>Agropyron elongatum</i> | o | + | o | + | + | + | o | o |
| <i>Agropyron intermedium</i> | o | + | - | + | + | o | o | o |
| <i>Agropyron desertorum</i> | o | - | - | o | o | - | o | o |
| <i>Agropyron trachycaulum</i> | + | o | - | + | - | + | - | + |
| <i>Elymus hoffmannii</i> | o | o | - | + | - | o | + | o |
| <i>Elymus junceus</i> | - | - | - | + | + | - | + | + |
| <i>Bromus inermis</i> | o | + | o | - | o | o | + | - |
| <i>Bromus marginatus</i> | o | o | - | - | - | - | - | o |
| <i>Panicum virgatum</i> | o | + | o | + | + | + | - | o |
| <i>Festuca arundinacea</i> | o | + | + | o | + | o | + | + |
| <i>Dactylis glomerata</i> | o | + | + | + | - | - | + | + |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | o | + | + | o | - | - | - | - |
| <i>Agrostis gigantea</i> | - | + | o | - | - | o | - | o |
| <i>Agropyron repens</i> | o | - | o | - | - | + | + | - |

+ trifft zu - trifft nicht zu o im Mittelfeld

* anfällig für Schneeschimmel, wenn der Bestand zu hoch überwintert

Literatur

HAAS W., U. WEISZ, M. BALAS, S. MCCALLUM, W. LEXER, K. PAZDERNIK, A. PRUTSCH, K. RADUNSKY, H. FORMAYER, H. KROMP-KOLB, I. SCHWARZL (2008): Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase, 2008. Lebensministerium, Wien, 102-115.

Zwischenfruchtanbau zur integrierten Kontrolle des Rübensystemnematoden in Norddeutschland

M. Hauer, H.-J. Koch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: Koch@ifz-goettingen.de

Einleitung

Der Rübensystemnematode *Heterodera schachtii* gewinnt im Zuckerrübenanbau immer mehr an Bedeutung und kann auf Flächen mit hohen Besatzdichten zu Ertragseinbußen von bis zu 50% führen. Mit dem Anbau resistenter Zwischenfrüchte (z. B. Senf) kann der Nematodenbefall vermindert werden. Zwischenfrüchte können darüber hinaus zusätzliche Effekte für die nachfolgende Kultur haben. Stickstoff, der nach Ernte der Vorfrucht noch im Boden vorhanden ist, kann von Zwischenfrüchten aufgenommen und vor Auswaschung durch Winterniederschläge bewahrt werden (Montemurro et al., 2006). Im Frühjahr kann dieser in der Zwischenfrucht gebundene Stickstoff durch Mineralisation der nachfolgenden Kultur zur Verfügung gestellt werden und somit N-Dünger eingespart werden. Auf der anderen Seite werden für die Folgekultur nachteilige Wirkungen auf die Bodenwasserverfügbarkeit vermutet, da die Zwischenfrucht durch Transpiration Wasser verbraucht, was vor allem auf Trockenstandorten mit geringen Winterniederschlägen problematisch sein könnte. Viele dieser möglichen Effekte sind nicht hinreichend bestätigt. Ob sie überhaupt auftreten und darüber hinaus ertragswirksam für nachfolgende Zuckerrüben sind, ist unklar. Erste Ergebnisse dazu werden im Folgenden vorgestellt.

Material und Methoden

In den Versuchsjahren 2012/13 und 2013/14 wurden Feldexperimente auf jeweils 5 Standorten in Norddeutschland mit unterschiedlich hohem Nematodenbesatz (ein Standort frei von Nematoden) durchgeführt. Variiert wurden die Faktoren A: Zwischenfruchtanbau (1. ohne (Strohmulch), 2. Senf (Resistenznote 2) und 3. Artenmischung (Alexandrinerklee, Perserklee, Bitterlupine, Felderbse, Weißer Senf, Phacelia, Ramtillkraut, Hafer, Sommerwicke) nach Vorfrucht Wintergetreide), B: Zuckerrübengenotyp (1. anfällig, 2. tolerant und 3. resistent gegenüber Nematoden), C: Stickstoffdüngung (an 2 von 5 Standorten mit den Stufen 0, 50, 100, 150 kg N ha⁻¹ zu Zuckerrüben). Getestet wurde der Effekt des Zwischenfruchtanbaus auf den Nematodenbesatz, die Stickstoffaufnahme von Zuckerrüben (N-Tester (YARA), zu Reihenschluss im Juni), den mineralischen Stickstoffgehalt des Bodens (N_{min}) und den Bodenwassergehalt vor und nach Winter. Zur Kontrolle diente die Strohmulchbearbeitung. Die Zwischenfrüchte wurden nach der Getreideernte zwischen Ende Juli und Ende August 2012 bzw. 2013 in drei Wiederholungen gesät. Im darauf folgenden Frühjahr wurden die 3 Zuckerrübengenotypen in die vorherigen Zwischenfrucht- bzw. Strohmulchparzellen gedreht.

Ergebnisse und Diskussion

Der Nematodenbesatz wurde im ersten Versuchsjahr nur am Standort Jeinsen durch nematodenresistenten Senf tendenziell verringert, wobei an den Standorten Hornburg und Uelzen sogar eine tendenzielle Nematodenvermehrung festgestellt wurde (Abb. 1). Ursachen hierfür sind vermutlich für eine Nematodenreduktion zu späte Aussattermine am Standort Hornburg (30.08.2012) und Uelzen (28.08.2012),

die zu einem eher schwachen Zwischenfruchtaufwuchs geführt haben. Allerdings sollte auch ein schwacher Senfbestand nicht zu einer Vermehrung der Nematoden führen. Auch andere Autoren haben auf eine unzureichende Eignung des Senfs zur Nematodenreduktion hingewiesen. Smith et al. (2004) fanden ebenfalls eine Nematodenvermehrung bei 3 verschiedenen vom Bundessortenamt als resistent ausgewiesenen Senfsorten in Gewächshausversuchen.

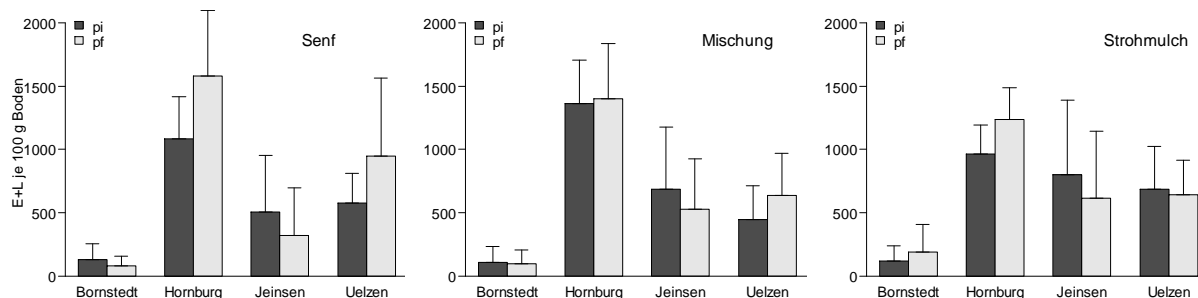


Abb. 1: Nematodenbesatz [Eier und Larven je 100 g Boden] vor (pi) und nach (pf) Zwischenfrucht (Senf, Mischung, Strohmulch) 2012/13 (Versuchsjahr 1) je Standort mit Standardabweichung.

An Standorten mit Aussaatterminen vor Mitte August wurde eine Verringerung des N_{\min} -Wertes im Boden vor Winter um 20-90 kg N ha⁻¹ gemessen, was zu einem reduzierten Nitrat-Auswaschungsrisiko unter Zwischenfrucht im Vergleich zur Strohmulch-Variante führte. Ein Effekt auf die Wasserverfügbarkeit für die nachfolgende Zuckerrübe wurde nicht gefunden und erscheint zumindest für Norddeutschland unwahrscheinlich. Auch Allison et al. (1997) konnten in ihren Untersuchungen in England zwar eine Verminderung der Nitrat-Auswaschung über Winter feststellen, fanden allerdings selbst nach trockenen Wintern keine Einschränkung der Wasserversorgung von Zuckerrüben durch Zwischenfrüchte.

Es wurde weder ein Bodenlockerungseffekt durch die Zwischenfruchtmischung im Frühjahr vor Zuckerrüben gefunden, noch unterschied sich die N-Aufnahme der Zuckerrüben zwischen den Zwischenfruchtvarianten im Juni, wenn die N-Mineralisierung aus Zwischenfruchtrückständen weitgehend abgeschlossen sein dürfte.

Die Zuckererträge des ersten Versuchsjahres 2012/13 wurden an keinem Standort durch Zwischenfrüchte beeinflusst. Die Ergebnisse zum zweiten Versuchsjahr 2013/14 stehen noch aus.

Literatur

- Allison, M. F., M. J. Armstrong, K. W. Jaggard, A. D. Todd, 1997: Integration of nitrate cover crops into sugarbeet (*Beta vulgaris*) rotations. I. Management and effectiveness of nitrate cover crops. *Journal of Agricultural Science* **130**: 53-60.
- Montemurro, F., M. Maiorana, D. Ferri, G. Convertini, 2006: Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crops Research* **99**: 114-124.
- Smith, H. J., F. A. Gray, D. W. Koch, 2004: Reproduction of *Heterodera schachtii* Schmidt on Resistant Mustard, Radish, and Sugar Beet Cultivars. *Journal of Nematology* **36**: 123-130.

Einfluss verschiedener Zwischenfruchtarten und deren Folgewirkung bei Zuckerrübe in unterschiedlichen Klimagebieten

Thomas Assinger¹, Herbert Eigner², Gerhard Sigl² und Peter Liebhard¹

¹Abteilung Pflanzenbau, Univ. f. Bodenkultur Wien; ²AGRANA Research and Innovation Center GmbH, Tulln. E-Mail: herbert.eigner@agrana.com

Einleitung

Durch den Anbau von Zwischenfrüchten als Begrünungsmaßnahme wird die Bodenfruchtbarkeit langfristig erhalten bzw. verbessert. Bei Anbau vor Zuckerrübe werden von Zwischenfrüchten hohe Toleranz gegenüber *Rhizoctonia solani*, geringer Wasserverbrauch, sicheres Abfrostern, frühe Bearbeitbarkeit des Bodens im Frühjahr sowie hoher Erosionsschutz erwartet. In Langparzellenanlagen an zwei Standorten erfolgte ein Screening von Zwischenfruchtarten bzw. -sorten sowie Mischungen aus diesen (n=19) auf Unterschiede im Wachstumsverlauf im Herbst bzw. deren Folgewirkung auf Ertrag und Qualität bei der Zuckerrübe.

Material und Methoden

Die Versuche wurden im Sommer 2012 in Untermallebarn (Tschernosem aus Löß, semiarides Klima) sowie in Zagging (kalkhaltige Feuchtschwarzerde, semihumides Klima) angelegt. Als Standard (jede fünfte Parzelle) wurde Ölrettich „Final“ gewählt. Der Anbau erfolgte nach einer Bodenbearbeitung mit Pflug in Untermallebarn am 16. 08., in Zagging am 24. 08. d.J. Die Parzellenbreite betrug in Untermallebarn 30 m, in Zagging 40 m, die Parzellenlänge einheitlich 6 m. Der Wassergehalt im Boden (gravimetrisch) wurde Mitte Oktober ermittelt, die Trockenmasse sowie die Wurzelmasse der Zwischenfrüchte in der zweiten Novemberhälfte. Nach Abfrostern der Zwischenfrüchte erfolgte die Aussaat der Zuckerrübe im Frühjahr ohne weitere Bodenbearbeitung (Mulchsaat). Bei der Ernte beurteilt wurden je Variante in Untermallebarn zwölf Reihenpaare (á 5 m²), in Zagging neun (á 4,5 m²).

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Untermallebarn waren die Varianten mit *Brassicaceae* in der produzierten Trockenmassemenge nicht vom Standard unterschiedlich. Linse, Platterbse und Öllein erzielten hingegen signifikant geringe Erträge (Tabelle 1). In Zagging wurde generell mehr Trockenmasse gebildet, wobei Leguminosen als auch Buchweizen und Öllein signifikant hinter den Standard zurückfielen. Die Wurzellängendichte lag bei den Varianten mit *Brassicaceae* (ausgenommen Kresse) auf einem höheren Niveau als bei Leguminosen. Braunsenf produzierte vor allem am trockenen Standort Untermallebarn größere Wurzelmassen. Die Bodenwassergehalte zeigen die höheren Wasserentzüge der *Brassicaceae* am Standort Untermallebarn. Am höher mit Wasser versorgten Standort Zagging waren keine Unterschiede sichtbar.

Die Rüben-erträge waren in Untermallebarn nach Leguminosen-Zwischenfrüchten im Vergleich zum Standard (Ölrettich Final) signifikant höher (Tabelle 2). Höhere Zuckergehalte verstärkten zusätzlich die Unterschiede im Zuckerertrag. Geringere Wassergehalte im Herbst nach *Brassicaceae* sowie frühere Welkeerscheinungen der Zuckerrübe nach den angeführten Zwischenfruchtarten (Tabelle 1) begründen das Ergebnis. In Zagging waren sowohl im Rüben- als auch im Zuckerertrag keine Differenzierungen erkennbar. Das höhere Angebot bei Stickstoff in den Varianten

nach Leguminosen-Zwischenfrüchten führte zu signifikant geringeren Zuckergehalten sowie zu höheren Alpha-Amino-Stickstoff Gehaltswerten.

Tab. 1: Trockenmasseerträge, Wurzelmasseendichte und Bodenwassergehalte der geprüften Zwischenfruchtvarianten, 2012

| | Untermallebarn | | | Zagging | | |
|-------------------------------|-----------------------|--|--------------------------|-----------------------|--|--------------------------|
| | TM Erträge [kg/ha] | Wurzelmasseendichte [mg/cm ³] | Bodenwassergehalt [%] | TM Erträge [kg/ha] | Wurzelmasseendichte [mg/cm ³] | Bodenwassergehalt [%] |
| Ölrettich, Final (Standard) Ø | 1768 | 0,72 | 11,7 | 4635 | 0,37 | 19,7 |
| Brache | | | | | | |
| Brache | | | 14,4 | | | 21,1 |
| Brassicaceae | | | | | | |
| Ölrettich, Cassius | 1888 | 0,60 | 11,6 | 4776 | 0,47 | 20,2 |
| Ölrettich, Compass | 1576 | 0,82 | 11,5 | 4059 | 0,57 | 20,0 |
| Meliorationsrettich | 1678 | 0,46 | 11,7 | 3051 * | 0,52 | 20,8 |
| Gelbsenf | 1855 | 0,45 | 11,7 | 3881 | 0,28 | 19,8 |
| Braunsenf | 1754 | 1,16 | 12,1 | 4205 | 0,44 | 19,7 |
| Kresse | 1930 | 0,32 | 12,7 | 4872 | 0,11 | 19,7 |
| Leguminosen | | | | | | |
| Linse | 366 ** | 0,10 | 13,4 | 1600 *** | 0,15 | 21,1 |
| Platterbse | 774 * | 0,22 | | 973 *** | 0,10 | |
| Kanadische Platterbse | 976 | 0,29 | 13,4 | 1634 *** | 0,19 | 20,6 |
| Alexandrinerklee | | 0,00 | | 373 *** | 0,10 | 21,1 |
| Andere | | | | | | |
| Buchweizen | 1418 | 0,34 | 12,5 | 1833 *** | 0,45 | 20,7 |
| Öllein | 933 * | 0,20 | 12,6 | 2656 ** | 0,22 | 20,0 |
| Mischungen | | | | | | |
| Mischung I | 2106 | 0,72 | 11,4 | 4693 | 0,08 | 19,3 |
| Mischung II | 1632 | 0,10 | 12,2 | 3997 | 0,18 | 18,7 |
| Mischung III | 2309 | 0,15 | 12,6 | 4223 | 0,06 | 19,7 |
| Mischung IV | 1328 | 0,70 | 12,0 | 5017 | 0,29 | 19,5 |

Tab. 2: Ertrags- und Qualitätsdaten der geprüften Zwischenfruchtvarianten, 2013

| | Untermallebarn | | | | Zagging | | | |
|-------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| | Rüben-ertrag | Zucker-gehalt | Zucker-ertrag | AAN/Rübe | Rüben-ertrag | Zucker-gehalt | Zucker-ertrag | AAN/Rübe |
| Ölrettich, Final (Standard) Ø | 100,0 (79,7 t/ha) | 100,0 (19,8%) | 100,0 (15,8 t/ha) | 100,0 (0,71 mmol/100 g Rb) | 100,0 (86,2 t/ha) | 100,0 (16,9%) | 100,0 (14,6 t/ha) | 100,0 (1,49 mmol/100 Rb) |
| Brache | | | | | | | | |
| Brache | 106,4 | 102,5 *** | 109,1 | 97,9 | | | | |
| Brassicaceae | | | | | | | | |
| Ölrettich, Cassius | 96,6 | 99,4 | 96,1 | 101,7 | 99,5 | 101,3 | 100,7 | 102,0 |
| Ölrettich, Compass | 99,0 | 99,7 | 98,8 | 97,2 | 101,6 | 99,9 | 101,6 | 102,0 |
| Meliorationsrettich | 100,3 | 99,6 | 99,8 | 94,8 | 98,2 | 99,1 | 97,2 | 104,3 |
| Gelbsenf | 99,7 | 101,0 | 100,7 | 96,4 | 103,6 | 98,0 | 101,4 | 98,4 |
| Braunsenf | 102,4 | 101,5 * | 104,1 | 101,5 | 94,4 | 99,6 | 93,8 | 97,7 |
| Kresse | 102,8 | 100,9 | 103,7 | 99,6 | 96,8 | 99,0 | 95,8 | 98,1 |
| Leguminosen | | | | | | | | |
| Sommerwicke | 109,2 * | 101,5 * | 110,7 ** | 106,5 | | | | |
| Linse | 112,9 ** | 102,4 ** | 115,5 *** | 94,3 | 101,3 | 96,9 ** | 98,1 | 105,7 |
| Platterbse | 114,2 ** | 101,3 | 115,8 *** | 103,7 | 98,5 | 96,7 ** | 95,6 | 104,7 |
| Kanadische Platterbse | 110,1 * | 101,7 * | 112,0 * | 100,7 | 100,2 | 96,4 *** | 96,6 | 106,8 |
| Alexandrinerklee | 115,3 *** | 101,5 * | 117,1 *** | 100,5 | 101,7 | 94,9 *** | 96,6 | 107,9 |
| Andere | | | | | | | | |
| Buchweizen | 101,0 | 101,1 | 102,0 | 95,2 | 103,4 | 95,8 *** | 98,9 | 103,0 |
| Öllein | 105,4 | 101,0 | 106,3 | 97,8 | 102,1 | 98,6 | 100,7 | 98,1 |
| Mischungen | | | | | | | | |
| Mischung I | 96,5 | 100,3 | 96,9 | 103,1 | 99,0 | 102,0 | 100,9 | 88,3 * |
| Mischung II | 101,0 | 101,7 * | 102,7 | 91,8 * | 97,8 | 101,3 | 99,1 | 83,8 *** |
| Mischung III | 103,3 | 102,3 ** | 105,7 | 98,6 | 97,7 | 101,9 | 99,4 | 84,4 *** |
| Mischung IV | 98,9 | 102,0 ** | 100,9 | 95,6 | 104,4 | 101,8 | 106,0 | 84,6 *** |

Sterne weisen signifikante Differenzen zur Standardvariante aus (*, **, *** – 5%, 1%, 0,1%)

Literatur

Verwendete Literatur (nicht angeführt) ist beim Erstautor erhältlich

Einfluss der Düngeform auf die Höhe der CO₂eq-Emissionen im Zuckerrübenanbau in Deutschland

Kerrin Trimpler und Nicol Stockfisch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: trimpler@ifz-goettingen.de

Einleitung

Laut Umweltbundesamt (UBA) ist die Landwirtschaft in Deutschland für rund 8 % aller Emissionen verantwortlich. V.a. die N-Düngung hat hieran einen großen Anteil. Aber auch ohne Düngung entstehen durch das auf dem Feld verbleibende Rübenblatt erhebliche N₂O-Emissionen. Anhand einer Befragung unter Zuckerrüben anbauenden Landwirten in den Jahren 2010-12 (Stockfisch et al., 2013) wurde die Höhe und Form der N-Düngung zu Zuckerrüben auf 1181 Schlägen deutschlandweit ermittelt. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, den Einfluss der Düngeform auf die Höhe der CO₂eq-Emissionen darzustellen und aufzuzeigen, wie Landwirte durch optimierten Düngereinsatz zur Einsparung von Treibhausgasemissionen und Kosten beitragen können.

Material und Methoden

Mittels des Rechentools *Biograce* (Biograce, 2013; von der EU anerkanntes Berechnungstool für Treibhausgase im Rahmen der Erneuerbaren Energien Richtlinie) wurde die Höhe von klimarelevanten Emissionen im Zuckerrübenanbau bei Schlägen mit rein mineralischer, rein organischer, beiderlei und keinerlei Düngung berechnet. Hierbei flossen neben der N-Düngung zur Haupt- und Zwischenfrucht auch die Düngung mit K₂O und P₂O₅, sowie der Pflanzenschutzmitteleinsatz, das Saatgut und der Dieserverbrauch in die Berechnungen ein.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Schläge, die rein mineralisch oder mineralisch und organisch gedüngt wurden, summierten sich die Freisetzungen aus der N-Düngung und die N₂O-Feldemissionen aus dem Rübenblatt auf über zwei Drittel aller CO₂eq-Emissionen (Abb. 1). Ohne N-Düngung machen die N₂O-Emissionen durch Ernterückstände immer noch über 50 % aller Treibhausgasfreisetzungen im Zuckerrübenanbau aus.

Während bei *Biograce* die Herstellungswege zur Produktion organischer Dünger nicht berücksichtigt werden, fließen die Emissionen aus der Herstellung mineralischer Dünger in die Berechnungen mit ein. In mehreren Studien konnte nachgewiesen werden, dass auch das mineralische N-Dünger-Produkt Auswirkungen auf die Höhe der Emissionen bei Herstellung sowie Ausbringung haben kann (Brentrup und Pallière, 2008). Diese Differenzierung ist bei *Biograce* nicht berücksichtigt.

Die Emissionen aus dem Dieserverbrauch haben nach der N-Düngung den zweitgrößten Anteil an den Gesamtemissionen. Dabei unterscheidet sich die Höhe der Emissionen von den rein mineralisch gedüngten Feldern zu den rein organisch gedüngten Feldern signifikant (Abb. 1). Dies lässt sich durch das geringere Gesamtvolumen mineralischer Dünger erklären, wodurch Diesel und Energie bei Überfahrten eingespart werden (Döhler, 2008). Die höheren Emissionen aus dem

Dieserverbrauch bei rein organischer Düngung übersteigen jedoch die Emissionen aus der Herstellung der mineralischen N-Dünger nicht.

Im Hinblick auf eine Minderung der CO₂eq-Emissionen ist eine Düngung mit rein organischen Düngern daher sinnvoll. Zusätzlich können so Kosten im Betrieb reduziert werden.

Grundsätzlich führt eine zu hohe N-Düngung zu Emissionssteigerungen, zusätzlichen Kosten und Zuckerertragsverlusten.

Die Berechnungen direkter und indirekter N₂O-Emissionen sind mit großen methodischen Ungenauigkeiten verbunden. Der eingesetzte Dünger, die verwendete Technik und äußere Umstände wie Wetter und Bodenbeschaffenheit werden dabei nicht berücksichtigt. Eine angepasste Bewirtschaftungsweise kann sich daher für die Landwirte in den Berechnungen nur teilweise emissionsmindernd auswirken. In Zukunft sollte für eine differenzierte und detaillierte Darstellung über eine Berücksichtigung dieser Faktoren für die CO₂eq-Emissionen im Ackerbau nachgedacht werden. Nicht zuletzt, um den Landwirten Anreize für weitere Emissionsminderungen und damit für eine nachhaltige Produktivitätssteigerung zu schaffen.

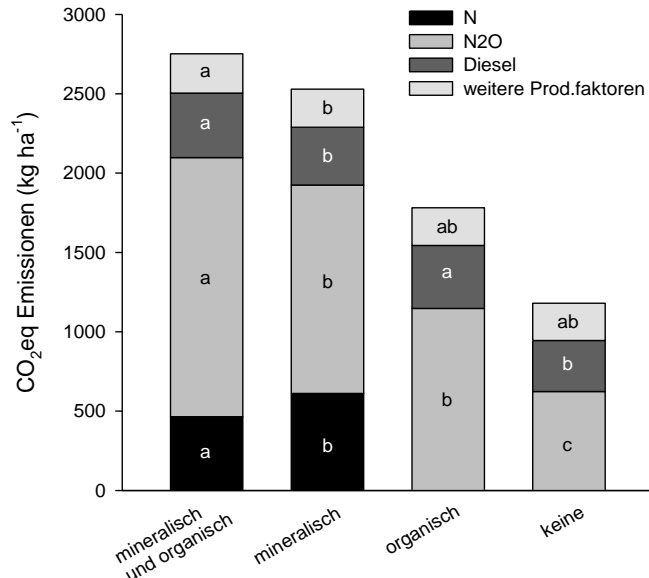


Abb. 1: CO₂eq-Emissionen im Zuckerrübenanbau in Deutschland, Betriebsbefragung 2010-12 (n=1181), gruppiert nach Düngeform, Medianwerte, weitere Produktionsfaktoren: K₂O, P₂O₅, Pflanzenschutz, Saatgut, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb der Produktionsfaktoren, p ≤ 0,05; Kruskal Wallis Test

Literatur

- Biograce (2013): Harmonised calculations of Bioenergy Greenhouse Gas Emissions in Europe, Version 4c, <http://www.biograce.net/> (Stand: 06.05.2014)
- Brentrup, F.; Pallière, C. (2008): GHG emissions and energy efficiency in european fertiliser production and use, in The International Fertiliser Society: Proceedings 639, 1-26
- Döhler, H. (2008): Energiebilanzen und Energieeffizienz von organischer und mineralischer Düngung im Ackerbau, in: Energieeffiziente Landwirtschaft, 72-86, Hrsg.: KTBL Darmstadt
- Stockfisch, N; Gallasch, M.; Reineke, H.; Trimpler, K.; Mielke, C.; Reiners, M.; Risser, P.; Schmitz, K. (2013): Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten, Sugar Industry/Zuckerindustrie 138, 10, 656-663

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Ertrag und Qualität bei Zuckerrübe im semiariden Klimaraum

Gerhard Sigl¹, Johannes Refenner², Edmund Rauchberger², Herbert Eigner¹ und Peter Liebhard²

¹AGRANA Research and Innovation Center GmbH, Tulln; ²Abteilung Pflanzenbau, Univ. f. Bodenkultur Wien. E-Mail: herbert.eigner@agrana.com

Einleitung

Die Zunahme langer Trockenphasen bedingen bei Zuckerrübe im Vergleich der Jahre hohe Ertragsschwankungen. Für die Landwirte stehen die Kostenminimierung bei zumindest gleichbleibendem Ertrag und hoher Verarbeitungsqualität im Vordergrund. In einem Langzeitversuch (Anlage 1996) der Universität für Bodenkultur Wien wurde der Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Ertragsverhalten sowie auf ausgewählte Qualitätsparameter bei Zuckerrübe untersucht.

Material und Methoden

Am Standort Raasdorf (semiarides Klimagebiet) wurden die Bodenbearbeitungssysteme „Pflug“ (jährlicher Pflugeinsatz), „Integriert“ (allfällig Pflugeinsatz, Grubbereinsatz bis 20 cm, Tiefenlockerung bei Bedarf), „Reduziert“ (Grubbereinsatz bis 20 cm, Tiefenlockerung bei Bedarf), „Minimal“ (Grubbereinsatz bis 10 cm) sowie „Direktsaat“ (keine wendende oder mischende Bearbeitung, Aussaat in das abgeerntete Feld) gegenübergestellt. Die Versuche mit Zuckerrübe wurden 2010 und 2011 in je einer der zwei Fruchtfolgen durchgeführt. Bodenuntersuchungen nach der EUF-Methode wurden auf der Versuchsfläche im Jahr 2010 zu einem, im Jahr 2011 zu zwei Terminen vorgenommen. Die Niederschlagssumme vom September des Vor- bis zum Oktober des Erntejahres lag 2011 im Vergleich zu 2010 um etwa 25% niedriger (Abb. 1).

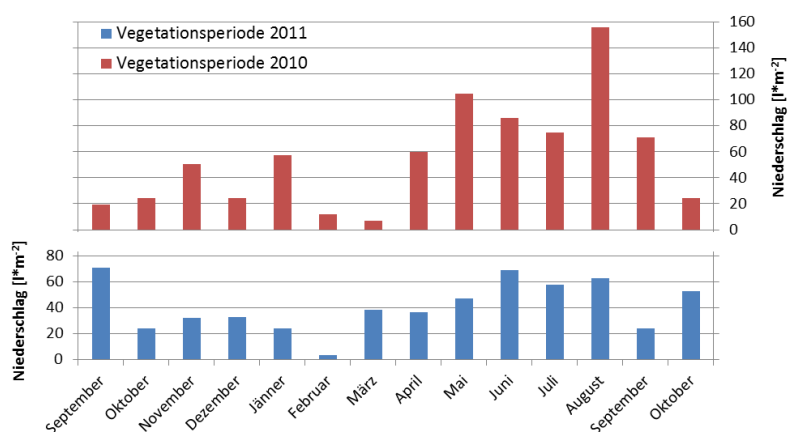


Abb. 1: Niederschlag [$l \cdot m^{-2}$] gemessen am Versuchsfeld Raasdorf in den Vegetationsperioden 2010 und 2011

Der statistischen Auswertung wurden die Absolutwerte der jeweiligen Erntedaten zugrunde gelegt. Tabelle 2 stellt die Ergebnisse relativ zur Variante Pflug (100%) dar.

Ergebnisse und Diskussion

Die Variante „Pflug“ weist bei Phosphor als auch bei Kalium tendenziell niedrigere Gehalte in 0 bis 20 cm Bodentiefe auf. Höhere Relativwerte im Übergangshorizont

Tab. 1: Gehalte an Phosphor und Kalium (nach EUF) in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen (Mittel aus drei Probenahmen)

| | EUF-P | | | EUF-K | | |
|------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 0-20 cm mg/100g Bd | 20-30 cm rel. zu 0-20 cm | 30-60 cm rel. zu 0-20 cm | 0-20 cm mg/100g Bd | 20-30 cm rel. zu 0-20 cm | 30-60 cm rel. zu 0-20 cm |
| Pflug | 1,14 | 102,2 | 40,4 | 20,2 | 83,1 | 41,5 |
| Integriert | 1,22 | 81,4 | 54,7 | 28,8 | 56,8 | 38,5 |
| Reduziert | 1,16 | 93,6 | 46,9 | 29,6 | 60,1 | 29,8 |
| Minimal | 1,18 | 82,6 | 45,7 | 28,5 | 57,0 | 29,0 |
| Direktsaat | 1,27 | 75,6 | 43,7 | 26,9 | 56,5 | 28,9 |

(20 bis 30 cm) lassen auf eine unter Pflugeinsatz tiefere Einmischung schließen. Im Oberboden bis 20 cm Bodentiefe zeigen die übrigen Bearbeitungssysteme ein einheitliches Versorgungsniveau. Mit Reduktion der Eingriffsintensität vermindern sich die Gehalte an Phosphor und Kalium im Übergangshorizont als auch im Mittelboden (30 bis 60 cm) (Tabelle 1).

| | Rübenertrag | | Zuckerertrag | |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 |
| Pflug | 100,0 % a | 100,0 % c | 100,0 % ab | 100,0 % a |
| Integriert | 95,9 % b | 112,8 % a | 95,4 % c | 111,5 % b |
| Reduziert | 101,8 % a | 99,9 % c | 103,1 % a | 99,8 % b |
| Minimal | 96,0 % b | 107,4 % b | 96,9 % bc | 107,3 % a |
| Direktsaat | 92,9 % b | 112,8 % a | 93,8 % c | 109,0 % a |
| LSD | 100 % = 69,2 t/ha 2,26 t/ha | 100 % = 66,2 t/ha 2,80 t/ha | 100 % = 13,5 t/ha 0,47 t/ha | 100 % = 13,2 t/ha 0,58 t/ha |

Tab. 2: Rübenertrag und Zuckerertrag unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme in den Jahren 2010 und 2011; Darstellung relativ zur Pflugvariante (100%); unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppen bei $p \leq 0,05$ (LSD) wieder;

Im Jahr 2010 wiesen die Varianten „Pflug“ sowie „Reduziert“ signifikant höhere Rübenerträge (Tab. 2) aus. Die weiteren Varianten brachten gegenüber „Reduziert“ um fünf bis neun Prozentpunkte geringere Rübenerträge. Die Ergebnisse im Jahr 2011 hingegen waren gegenläufig: die Varianten „Pflug“ sowie „Reduziert“ fielen in den Erträgen an Rübenertrag und Zucker signifikant gegenüber den anderen Varianten ab. Ursache war die unterschiedliche Verteilung der Niederschläge in den beiden Jahren. Die – für die Zuckerrübe bedeutende – Niederschlagssumme von jeweils Mai bis August zeigt eine Reduktion von 420 mm im Jahr 2010 auf 240 mm im Jahr 2011. Die begrenzte Durchwurzelungstiefe am Standort kommt bei langen Trockenperioden zum Tragen.

Die verminderte Bodenbearbeitungsintensität in den Systemen „Direktsaat“, „Minimal“ und „Integriert“ ist Ursache der günstigeren Porenverteilung mit einer höheren Anzahl tieferreichender, ungestörter Poren. Dadurch wird die Wasserverfügbarkeit vor allem in langen Trockenperioden aus größeren Tiefen besser. Bei einer ausreichenden Wasserversorgung ergeben Bodenbearbeitungssysteme mit höherer Bearbeitungsintensität höhere Rübenerträge und Zuckererträge.

Literatur

Verwendete Literatur (nicht angeführt) ist beim Erstautor erhältlich

Alternative Anbausysteme für Zuckerrüben und deren technische Umsetzung

Oliver Schmittmann, Peter Schulze Lammers

Institut für Landtechnik, Universität Bonn, E-Mail: o.schmittmann@uni-bonn.de

Die Gestaltung optimaler Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanze ist der Schlüssel für erfolgreichen Pflanzenbau. Eine Aufgabe der Landtechnik ist, den Anbau durch insbesondere effiziente Bodenbearbeitungs- und Säotechnologie zu unterstützen. Am Institut für Landtechnik Bonn sind zwei Verfahren erfolgreich entwickelt worden, die nachfolgend vorgestellt werden.

I. Dammanbau

Mit dem *Dammanbau* ist ein aufwändigeres Verfahren entwickelt worden, durch das im Wesentlichen die Erwärmung der Ackerkrume und damit die Jugendentwicklung der Pflanze und letztendlich der Ertrag gesteigert werden soll.

Technische Umsetzung:

Unter der Voraussetzung, dass die üblichen Pflege- und Rodeverfahren eingesetzt werden können und eine nachhaltig stabile Dammgeometrie entsteht, wurden an einem zweibalkigen Kurzgrubberahmen Dammformwalzen unmittelbar hinter den Häufelkörper angeordnet. Die Tiefenführung der Häufelkörper wird mittels zweier Spindeln über die Abstützung der Dammformwalze und Oberlenker eingestellt. Hierüber wird die Menge an Erde bestimmt, die der Dammformwalze zugeführt wird, um damit ein gleichmäßig stabiler Damm zu formen.

Feldversuche zum Dammanbau:

In den Versuchsjahren war zu beobachten, dass sich der Boden der Dämme während des Tages stärker als der in der Ebene erwärmt, jedoch nachts wieder stärker auskühlt. In der Summe lag die Bodentemperatur in den Dämmen geringfügig höher als die in der Ebene. So betrug die Temperatursumme im Jahr 2004 im Damm 4 075 °C und im Flächenbau 4 054 °C. Dieser Unterschied lässt keine Ertragsunterschiede erwarten. Auch in den Folgejahren konnte kein Unterschied in der Temperatursumme im Boden festgestellt werden.

Die Saatgutablage auf der Dammkrone kann präzise erfolgen. Das Auflaufen der Rüben erfolgt gleichmäßiger als im Flächenbau und erzielte eine höhere Endbestandesdichte. Die Untersuchungen zu den Bestandes- und Ertragsparametern zeigten, dass der Erdanhang der im Damm angebauten Rüben geringer ist und der Rübenkörper länger war. Jedoch konnten im Rheinland keine Mehrerträge durch den Dammanbau erzielt werden. Eine Begründung hierfür kann sein, dass aufgrund der hohen Qualität der konventionellen Aussaat und der für Zuckerrüben sehr gut geeigneten Böden mit guten Durchlüftungs- und Erwärmungseigenschaften sich nur schwierig das Ertragsniveau im Rheinland weiter steigern lässt. Trotz der höheren Bestandesdichte und der um 1 cm längeren Rübenkörpern konnten die „Dammrüben“ aufgrund des geringen Durchmessers den Ertrag gegenüber dem Flächenbau nicht übertreffen.

Die vom Institut und auch in der Literatur beschriebenen Ertragsuntersuchungen zeigen starke Standort- und Jahreseinflüsse, so dass über die Eignung des Verfahrens ‚Dammanbau‘ regional entschieden werden muss. Generell eignet sich der Dammanbau mehr auf Standorten mit schwer erwärmbaren Böden.

II. Schlitzsaat

Das zweite Verfahren, die *Schlitz- oder Streifensaar*, zeichnet sich durch eine Kostenreduzierung bei möglichst gleichzeitigem Erhalt des Ertragsniveaus aus. Das neue einphasige System wurde gerätetechnisch entwickelt. Bei der Systementwicklung für den

Anbau von Zuckerrüben standen zwei wesentliche Forderungen im Vordergrund: Eine hohe Ertragsstabilität ohne Ertragseinbußen zu gewährleisten und gleichzeitig eine Technik zu entwickeln, die perspektivisch eine bedeutende Senkung der Verfahrenskosten im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bewirkt.

Der Eingriff in den Boden und damit die gesamte Bodenbearbeitung wird im Vergleich zum herkömmlichen Zuckerrübenanbau mit Sekundärbodenbearbeitung und Aussaat in ein feinkrümliges Saatbett wesentlich vereinfacht. Die Schlitzsaat geschieht in einer Überfahrt und einer Bearbeitung von ca. einem Viertel der Fläche (10-12 cm Streifenbearbeitung bei einem Reihenabstand von 45 bzw. 50 cm). Es kann daher mit einer Einsparung an Kraftstoff und damit auch Kosten gerechnet werden. Weiterhin erzeugt die Bearbeitung in Streifen ein strukturiertes Feinrelief, das den Bodenabtrag durch Wasser (Erosion) vermindert. Ebenfalls zur Minderung von Erosionen kann das Säverfahren auch auf gemulchten Flächen mit einem hohen Anteil verrottender organischer Masse an der Oberfläche eingesetzt werden.

Technische Umsetzung:

Nach der Vorentwicklung (Test verschiedener Werkzeugkombinationen und Einstellungen für verschiedene Bodeneigenschaften) wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Kverneland Group Soest ein 6-reihiges Sägerät für die einphasige Aussaat von Zuckerrüben entwickelt und in dreijährigen Untersuchungen an unterschiedlichen Standorten getestet. Der Aufbau einer Reiheneinheit ist in Abbildung 1 dargestellt:

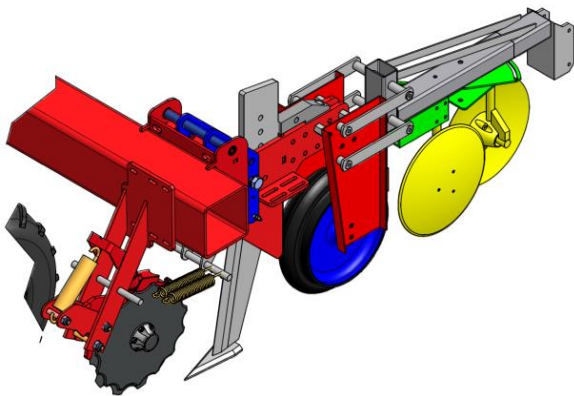


Abb. 1 Aufbau einer Reiheneinheit des Schlitzsägeräts

Prozessschritte:

1. Aufschneiden des Bodens incl. der organischen Substanz,
2. Tiefenlockerung bis 25 cm durch Anheben und Aufbrechen des Bodens,
3. Tiefenführung, Rückverfestigung und Gestaltung des Ablagehorizontes
4. Feinkrümlen des Bodens bzw. Präparieren des Saathorizonts
5. Aussaat mit konventioneller Mulchsaat-Sätechnik

Feldversuche zur Schlitzsaat:

Mehrjährige Feldversuche wurden auf tiefgründigen Lössböden mit zwei Bearbeitungsformen angelegt. Bei der Variante ‚Strohmulch‘ wurde nach der Getreideernte eine einmalige flache Stoppelbearbeitung durchgeführt. Bei der Variante ‚Senf‘ wurde dieser als Gründüngung angebaut. Der Senf wurde im Frühjahr gehäckselt und mit einem Grubberstrich eingearbeitet. Zum Ergebnisvergleich wurde der betriebsübliche Anbau mit Pflugeinsatz und Sekundärbodenbearbeitung auf der gleichen Fläche herangezogen. Es konnte gezeigt werden, dass trotz einer langsameren Bestandesentwicklung Erträge auf dem Niveau des konventionellen Anbaus erzielt werden können. Die Erträge der Schlitzsaat auf Strohmulch waren 3,3 % niedriger und der Senf-Variante um 7,1 % niedriger (Durchschnittsertrag von 64,7 t/ha). Aufgrund der großen Streuung zwischen den Wiederholungen konnten zwischen den Varianten jedoch keine statistisch absicherbaren Unterschiede festgestellt werden. Der Zuckerertrag im Vergleichsanbau lag bei 12,2 t/ha, bei der Schlitzsaat im Strohmulch um 5,6 % und im Senf um 6,4 % niedriger. Statistisch sind ebenfalls für diese Ergebnisse keine Unterschiede nachweisbar.

Vergleich von zwei Sensoren zur Beschreibung der Jugendentwicklung und der Abreife bei der Sommergerste

El-Jellouli, A., Gröblichhoff, F.-F., Weyer, Th.

FH Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, jellouli.alae@fh-swf.de

Einleitung

In der modernen Pflanzenzüchtung stellen Merkmale wie die Jugendentwicklung und das Abreifeverhalten von Sorten wichtige Selektionskriterien dar. Für die Phänotypisierung dieser wichtigen Merkmale sind im Feldversuchswesen aufwendige Bonituren erforderlich. Die Verwendung von Sensorik für züchterische Zwecke kann nicht nur den Durchsatz, sondern auch die Effizienz und die Objektivität von Feldbonituren erhöhen. Aus diesem Hintergrund werden in dieser Arbeit die Einsatzmöglichkeiten von zwei Reflexionssensoren zur Sortenphänotypisierung bei Getreide am Beispiel der Sommergerste untersucht.

Material und Methoden

Vier moderne Sommergerstensorten wurden in 2012 und 2013 mit unterschiedlicher Bestandesdichte (100 und 300 Körner/m²) und zwei Düngungsstufen (0 und 60 kg N/ha) in fünf Wiederholungen angebaut.

In diesem Feldversuch kamen die beiden aktiven Reflexionssensoren GreenSeeker® und ISARIA® zum Einsatz. Der GreenSeeker® (Trimble, Modell 505) nutzt zwei LEDs als Lichtquelle und gibt basierend auf zwei Wellenlängen (656 und 740 nm) den Vegetationsindex NDVI aus. Der ISARIA®-Sensor (Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG) ermittelt dagegen aus vier Wellenlängen (640, 700, 740 und 780 nm) den Index REIP.

Mit den beiden Sensoren wurde in der ersten Phase wöchentlich zwischen dem Schoss- und dem Ährenschiebenstadium jeweils fünf Mal und in der zweiten Phase, zwischen der Milch- und Teigreife, drei Mal gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die beiden untersuchten Indices konnten die unterschiedliche Bestandes- bzw. Pflanzendichte in der Bestockung und während des Schossens ganz gut differenzieren (Abb. 01). Der NDVI zeigt jedoch schon in den frühen Entwicklungsstadien eine hohe Sensitivität zum Biomasseaufkommen und somit auch zur Bestandesdichte der einzelnen Sorten auf. Der NDVI hat aber den Nachteil, dass er schon kurz nach dem Beginn des Schossens gesättigt wird. Der REIP kann zwar erst später (ca. ab dem 3/4 Blattstadium) Unterschiede in der Bestandesentwicklung detektieren, zeigt aber geringere Sättigungseffekte bis hin zum Blütestadium.

Basierend auf diesem Ergebnis kann geschlossen werden, dass Rot/Nahinfrarot-basierte Indices am Beispiel des NDVI grundsätzlich besser zur Differenzierung der Entwicklung während der Jugendphase geeignet sind. Nahinfrarot-basierte Vegetationsindices am Beispiel des REIP können dagegen erst ab Beginn der Bestockung zur Bestandesbeschreibung eingesetzt werden. Sie liefern jedoch wichtige Hinweise über den physiologischen Zustand wie beispielsweise den N-Aufnahmestatus der einzelnen Sorten.

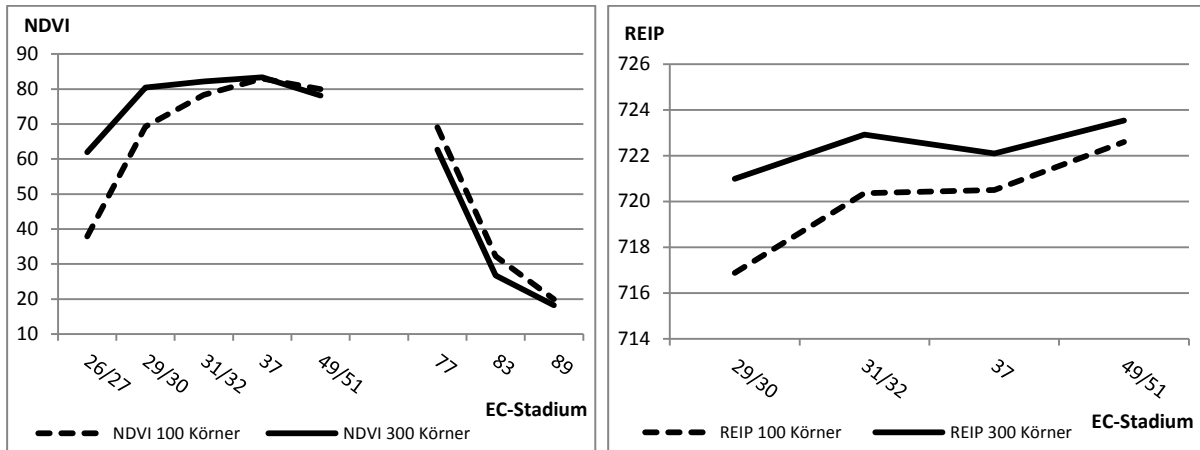


Abb. 01: Entwicklung der Indices NDVI und REIP in Abhängigkeit von der Bestandesdichte im Versuchsjahr 2013.

Die Ermittlung des Abreifestatus durch Spektralmessungen hängt hauptsächlich vom Wassergehalt und von der lebenden Pflanzenbiomasse ab. Die Abreifeuntersuchungen aus den beiden Versuchsjahren haben gezeigt, dass insbesondere der NDVI gute Korrelationen zum Grün/Gelb-Übergang der oberen Pflanzenorgane der Sommergerste ($R^2 = 0,92$) und zum Wassergehalt der Ähren ($R^2 = 0,85$) hat (Abb. 02). Dementsprechend kann die Abreifegeschwindigkeit der verschiedenen Gerstengenotypen mit Hilfe des NDVI ganz gut verfolgt werden. Ähnliche Tendenzen konnten auch bei Begleituntersuchungen an Winterweizen beobachtet werden. Dies könnte dazu beitragen, die verschiedenen Getreidegenotypen präziser in die entsprechenden Reifegruppen einzuteilen.

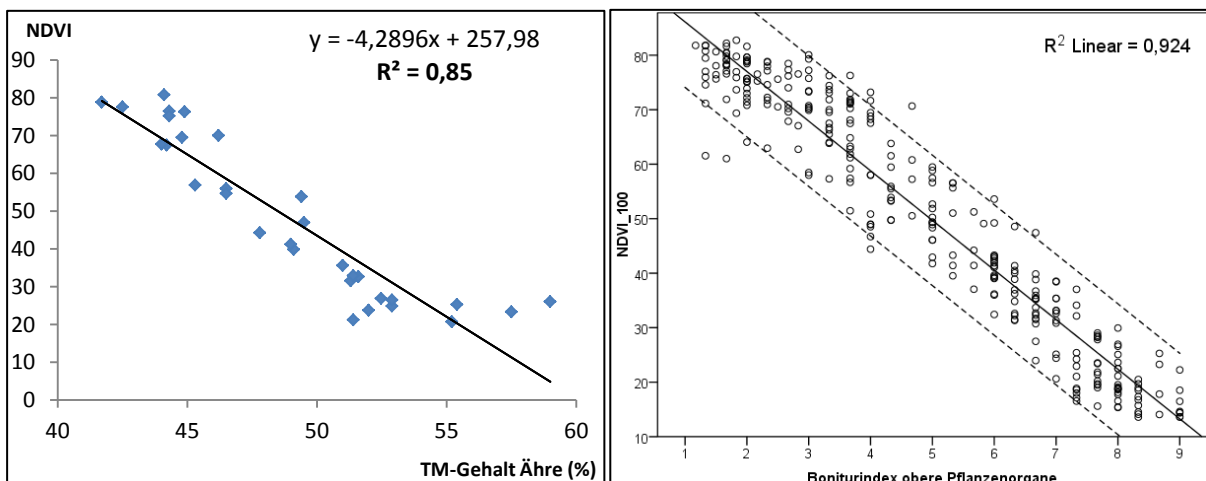


Abb. 02: Links: Korrelation Zwischen dem NDVI und dem Wassergehalt der Ähre während der Abreife. Rechts: Korrelation zwischen den NDVI und der Abreife der Sommergerste.

Crop sensor applicability: influence of sampling design

G.H. Ros und D.W. Bussink

Nutrient Management Institute, Wageningen. E-Mail: gerard.ros@nmi-agro.nl

Einleitung

A significant amount of precision agriculture research has been directed toward enhancing the efficiency of inputs such as N by quantifying in-field variability (Ros, 2011). Spectral sensors have been developed for site specific fertilizer applications in order to precisely match N fertilizer rates to crop requirements while minimizing negative environmental impacts. Matching fertilizer dose to the actual N status of crops makes sense since the N availability strongly varies - both on spatial and temporal scales - in relation to soil properties, fertilization strategies and weather conditions. While it is well established that crop reflectance sensors are able to quantify in field crop canopy variability, there are few studies that document the scale and magnitude of external factors that may affect the ability of sensors to perform accurately. This study quantifies the impact of leaf wetness, sampling time and height, shade, temperature, and weed pressure and develops sampling protocols for on-farm use.

Material und Methoden

During 2011 we performed a field experiment including 20 sites in the Netherlands, 10 arable crops and different fertilizer (NPK) treatments (Ros et al., 2013). During the growing season, crop reflectance, soil properties and crop development were monitored. External factors such as timing, shadow, measurement height were additionally recorded. All reflectance measurements were done using a similar protocol: uniform sampling height, only days without rainfall, and two hours after sunrise and before sunset. In October 2011, five fields were selected for detailed analysis of active sensor performance under varying measurement conditions (with crop species carrot, leek, grass, bulbs and red cabbage; Ros et al., 2012). Effect of light intensity, ambient temperature, leaf wetness, and measuring height were analyzed for both Ntech GreenSeeker and CropScan MSR16R. All common crop indexes were included: NDVI, WDVI, REP, NDRE, TCARI, OSAVI, TOSAVI, DCNI, CI, MCARU, RV and MTCI. After the experiments were done, obtained results have been integrated with a quick scan of the scientific literature to present an actual and scientific sound overview of external factors affecting sensor applicability for on-farm application. Finally, we integrated these findings in a protocol for on-farm use.

Ergebnisse und Diskussion

Crop species and site specific crop management had a strong influence on the obtained crop reflectance. They explained about 50 to 70% of the variation in crop reflectance (not shown). Using an uniform sampling protocol strongly diminished the effect of external factors: they usually explained <10% of the variation in crop index size. Sampling time was the most important external variable in this case.

On top of this, sampling time can strongly affect the crop indexes commonly used for fertilizer optimization. Their effect varied from less than 1% up to 90% at maximum (Table 1). Sampling height could also change the sensor output with 65% at

maximum. Weather dependent issues such as light intensity, precipitation and temperature had a relatively minor influence on most crop indexes. However, the influence of the investigated factors was sensor specific and highly variable among crop indexes. For example, the CropScan was highly sensitive to variation in shade whereas the GreenSeeker was strongly affected by leaf wetness. In addition, the REP index was the most robust crop index from all included crop indexes.

Table 1. Effect of external factors on crop reflectance derived crop indexes.

| Factor\sensor | Field exp. | Extended (5 fields) | | Quick scan literature |
|-----------------|------------|---------------------|-------------|-----------------------|
| | CropScan | CropScan | GreenSeeker | Variable sensors |
| Crop species | 1 – 72% | 1 – 315% | 22 – 600% | - |
| Sampling time | <1 – 56% | <1 – 90% | 4 – 70% | <3 – 35% |
| Sampling height | <1 – 40% | <1 – 23% | 2 – 64% | <10 – > 100% |
| Leaf wetness | <5% | <1 – 6% | <1 – 32% | <1 – 60% |
| Shade | - | <1 – 200% | <2% | <1 – 15% |
| Weeds | <10% | - | - | <25% |
| Temperature | <5% | - | - | <5% |

We showed that sensor derived crop indexes strongly varied following the methodology used. Evaluation of among-field variation in sensor output, temporal changes in crop status or any fertilization recommendation system based on crop sensing tools need therefore to account for sampling related errors. For on farm application, any sampling inaccuracy due to sampling time, measurement height and weather conditions should be minimized. We recommend:

- site specific calibration of applied sensors each time that a sensor is used for fertilization purposes, where possible via automatic calibration procedures;
- recalibration of sensors or adapting sensor height when crop-sensor distance among sampling occurrences exceeds 30-50 cm. Automatic correction is also possible, since sampling inaccuracy linearly increases with height;
- weather conditions with clouds, fog and rain are not desired, but their impact is sensor specific. GreenSeeker sensor cannot be used on wet crops; it takes 4 to 6 hours before the sensor output is stabilized. In contrast, the CropScan was not affected by leaf wetness, but highly sensitive for presence of shade.
- that sensors need to be used at least two hours after sunrise and before sunset. Outside this time-frame, sensor derived crop indexes become inaccurate.
- the REP index is relatively insensitive to errors from external factor. Sampling height, measurement time and weather had almost no effect (in contrast to almost all other indexes).
- crop sensors need annual internal calibration to ensure high quality output data.

Literatur

Ros GH (2011) Predicting soil Nitrogen supply. PhD thesis, Wageningen, 248 pp.

Ros GH, Ouwehand GJ & Bussink DW (2012) Factoren en protocol voor inzetbaarheid sensoren. NMI report 1499.N.12., 81 pp. In Dutch.

Ros GH, Ouwehand GJ, Van der Draai H & Bussink DW (2013) Naar de ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen voor het bijbemesten van gewassen. NMI report 1454.N.13., 82 pp. In Dutch.

Licht- und entwicklungsbedingte Modifikation von Ertragsparametern und sekundären Pflanzenstoffen bei drei Sorten der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.)

Marco Russo, Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen.
E-Mail: marco.russo@agrار.uni-giessen.de

Einleitung

Die Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.), die zur Familie der Lamiaceae gehört, ist wegen ihrer sekundären Inhaltsstoffe eine wichtige Arznei- und Gewürzpflanze. Ihren Namen verdankt sie dem charakteristisch zitronenartigen Geruch. Dieser wird durch den Gehalt an ätherischem Öl hervorgerufen, als dessen typische Komponenten Citral und Citronellal beschrieben wurden (Mimica-Dukic et al., 2004). Weitere Vertreter der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe in der Zitronenmelisse sind phenolische Verbindungen wie Phenolsäuren und Flavonoide. Als Leitsubstanz der phenolischen Verbindungen gilt dabei die Rosmarinsäure, für die das Europäische Arzneibuch einen Mindestgehalt von 1 % in der getrockneten Droge (*Melissae folium*) vorschreibt (Ph. Eur. 7., 2011). Neben der Nutzung der Blattdroge für die Zubereitung von Teeaufgüssen ist auch die Verwendung von Extrakten üblich, beispielsweise als Wirkstoff in Cremes gegen Lippenherpes (*Herpes simplex*). Für die Qualitätssicherung ist es wichtig, die Faktoren zu kennen, durch welche die Gehalte an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen beeinflusst werden können. Daher soll mittels zweier Feldversuche und eines Gefäßversuches der Einfluss von Umweltbedingungen und Entwicklungsstadium auf sekundäre Inhaltsstoffe und Ertragsparameter der Zitronenmelisse untersucht werden.

Material und Methoden

An zwei Standorten wurden im Jahr 2012 Gefäß- und Feldversuche mit Zitronenmelissepflanzen angelegt. Der Gefäßversuch wurde in der Gefäßstation Rauischholzhausen in Mitscherlich-Gefäßen (Volumen: 6 l, Erds substrat) angesetzt. Die Feldversuche (FV) wurden in den Versuchsstationen Rauischholzhausen (RH; Lössboden) und Groß-Gerau (GG; Sandboden) angelegt. In jeder Vegetationsperiode wurden zwei Erntezyklen mit jeweils drei Schnittterminen durchgeführt. Untersucht wurde der Einfluss der folgenden Prüffaktoren:

| Prüffaktor | Prüfstufe |
|---------------|---|
| Beschattung | unbeschattet (natürliche Belichtung) |
| | teilbeschattet |
| Sorte | Aufrechter Typ |
| | Lemona |
| | NLC (nur Feldversuch Groß-Gerau sowie Gefäßversuch) |
| Schnitttermin | früh (Beginn Knospenstadium) |
| | optimal (Knospenstadium, vor der Blüte) |
| | spät (Blühbeginn) |

Ermittelt wurden der Chlorophyllgehalt der Blätter, die Pflanzenhöhe, die Anzahl der Triebe pro Pflanze, der Biomasseertrag sowie der Ertrag der reinen Blattdroge.

Nach der Ernte erfolgte eine Trocknung des Pflanzenmaterials. Aus den von den Stängeln separierten Blättern wurde ein methanolischer Extrakt hergestellt, in dem die Gehalte an phenolischen Verbindungen (Gesamtphenole nach Folin-Ciocalteu) und die antioxidative Kapazität (ORAC-Assay) bestimmt wurden. Der Gehalt an ätherischem Öl wurde durch Wasserdampfdestillation ermittelt.

Dieser Beitrag geht auf ausgewählte Ergebnisse aus den Feldversuchen 2013 ein.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort RH lag das Ertragsniveau für die Blattdroge beim ersten Aufwuchs bei 2,8 - 5,0 t TM/ha, beim zweiten Aufwuchs bei 1,2 - 3,9 t TM/ha. Am Standort GG lagen die Werte mit 0,9 - 2,5 t TM/ha für den ersten Aufwuchs bzw. 0,7 - 2,6 t TM/ha für den zweiten Aufwuchs etwas niedriger.

Beim zweiten Aufwuchs im FV RH zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Lichtintensität auf den Blattertrag, der unter natürlichen Lichtbedingungen rund 45 % höher lag als in der beschatteten Variante. Dieser Effekt war am Standort GG nicht signifikant, stattdessen zeigte sich ein signifikanter Sorteneffekt mit den höchsten Blatterträgen bei der Sorte "Aufrechter Typ".

Am Standort RH dagegen brachte die Sorte "Lemona" mit einem mittleren Blattertrag von 3,9 t TM/ha im ersten Aufwuchs signifikant höhere Erträge als die Sorte "Aufrechter Typ" (3,5 t TM/ha). Dies weist darauf hin, dass neben genetischen Faktoren auch die Standortbedingungen die Ertragsbildung beeinflussen.

Die antioxidative Kapazität (ORAC-Assay) war am Standort RH beim zweiten Aufwuchs unter natürlicher Belichtung signifikant höher, ebenso konnte ein Sorteneffekt beobachtet werden. Beim ersten Aufwuchs am Standort GG zeigten sich Wechselwirkungen zwischen Erntetermin und Licht, Erntetermin und Sorte sowie Sorte und Licht, was auf eine spezifische Reaktion der geprüften Sorten auf die Prüffaktoren Schnitttermin und Beschattung hindeutet. Beim zweiten Aufwuchs am gleichen Standort konnten diese nicht beobachtet werden. Neben einem Sorteneffekt war ein Lichteffect mit signifikant niedrigeren Werten in der beschatteten Variante zu beobachten. An den beiden Standorten zeigte sich also bezüglich der antioxidativen Kapazität eine indifferente Wirkung des Faktors Licht.

Der Gesamtphenolgehalt unterlag nur beim zweiten Aufwuchs am Standort RH einem Interaktionseffekt (Sorte x Licht). In GG zeigte sich ein Sorteneffekt, wobei "NLC" in beiden Erntezyklen hohe Werte aufwies. Für den Schnitttermin konnte lediglich beim ersten Aufwuchs am Standort GG ein signifikanter Effekt mit den höchsten Werten beim ersten Schnitttermin beobachtet werden.

Im Jahr 2013 zeigten sich teils eindeutige, teils indifferente Ergebnisse. Dieses Jahr war das erste Hauptertragsjahr nach einem strengen Winter, der zu teilweise deutlichen Auswinterungsschäden unter den Melisse-Pflanzen führte. Diese außergewöhnliche Situation könnte die Ergebnisse beeinflusst haben. Weitere Messungen der oben beschriebenen Parameter werden im Jahr 2014 durchgeführt.

Literatur

- Mimica-Dukic, N.; Bozin, B.; Sokovic, M.; Simin, N. (2004): Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) Essential Oil. *J. Agric. Food Chem.* 52 (9), S. 2485–2489.
- Ph. Eur. 7. (2011): Monographie Melissenblätter. In: *Europäisches Arzneibuch*. 7. Ausgabe. Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, S. 1799–1800.

Biofumigation im ökologischen Kartoffelanbau: Effekte auf Krautfäule und Knollenerträge

Sebastian Grabendorfer

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan. E-Mail: sebastian.grabendorfer@tum.de

Einleitung

Biofumigation bezeichnet die gezielte Nutzung des phytosanitären Potentials von *Brassicaceae* im Zwischenfruchtanbau. Durch Zerkleinern und Einarbeiten glucosinolatreicher Pflanzen wird die Bildung antiphytopathogen wirksamer Isothiocyanate angeregt (Morra & Kirkegaard, 2002). Obwohl Zwischenfrüchte im ökologischen Kartoffelanbau bereits eine große Bedeutung besitzen, sind gegenwärtig nur wenige Ergebnisse bezüglich der Eignung der Methode der Biofumigation im ökologischen Kartoffelanbau verfügbar. In Feldversuchen wird deshalb die Wirkung verschiedener Zwischenfrüchte hinsichtlich Knollenerträge und Krautfäule untersucht. Im Folgenden werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Material und Methoden

Auf einer langjährig ökologisch bewirtschafteten Fläche (sandiger Lehm, mittlere Jahrestemperatur 8,3 °C, mittlerer Jahresniederschlag 864 mm) wurde eine einfaktorielle Blockanlage mit zwölf Zwischenfrüchten und einer Kontrolle angelegt. Alle Zwischenfrüchte wurden am 19.10.2012 mit Mulchgerät und Fräse zerkleinert und eingearbeitet. Die Kartoffeln der Sorte Nicola wurden am 29.04.2013 mit 41700 Knollen ha⁻¹ gepflanzt. Die Entwicklung von *Phytophthora infestans* wurde regelmäßig bonitiert und die relative AUDPC (area under disease progress curve) berechnet. Nach Abreife der Kartoffeln wurden die Knollenerträge ermittelt. Alle Daten wurden in R (R Core Team, 2013) mit linearen Modellen analysiert.

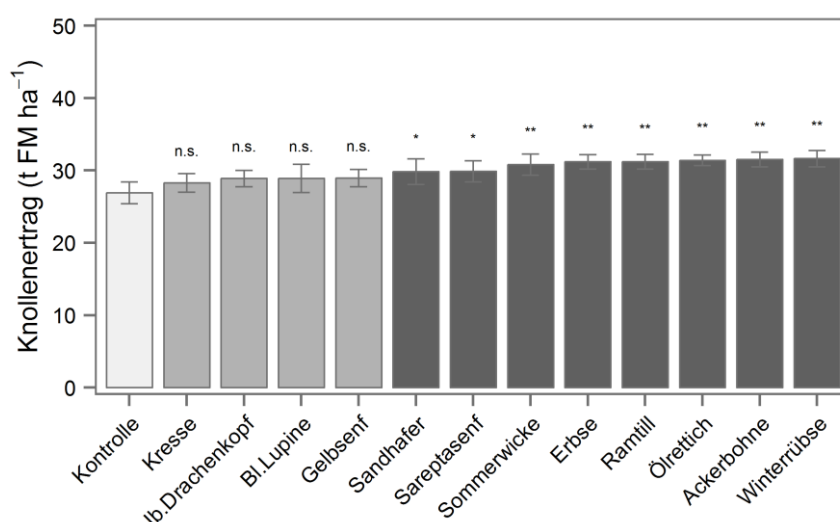


Abb. 1: Kartoffelerträge nach verschiedenen Zwischenfrüchten, Mittelwerte, Fehlerindikator: Standardfehler, Signifikanzangaben: Zwischenfruchteffekte im Vergleich zur Kontrolle, lineares Modell, *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, n.s.: nicht signifikant

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Knollenerträge in Abhängigkeit der Zwischenfrüchte. Die Knollenerträge reichten von 26,9 t FM ha⁻¹ bei der Kontrolle bis 31,6 t FM ha⁻¹ nach Winterrüben, das Versuchsmittel lag bei 30,0 t FM ha⁻¹. Mit Ausnahme der Zwischenfrüchte Kresse, iberischer Drachenkopf, blaue Lupine und Gelbsenf hatten alle Zwischenfrüchte im Vergleich zur Kontrolle einen signifikant positiven Effekt auf den Knollenertrag. Die Effekte der *Brassicaceae* unterschieden sich dabei nicht signifikant von den anderen Zwischenfrüchten. Abbildung 2 zeigt den Blattbefall mit *P. infestans* in Abhängigkeit der Zwischenfrucht. Nur für die Zwischenfrucht Ackerbohne konnte ein signifikant negativer Effekt hinsichtlich der relativen AUDPC im Vergleich zur Kontrolle nachgewiesen werden.

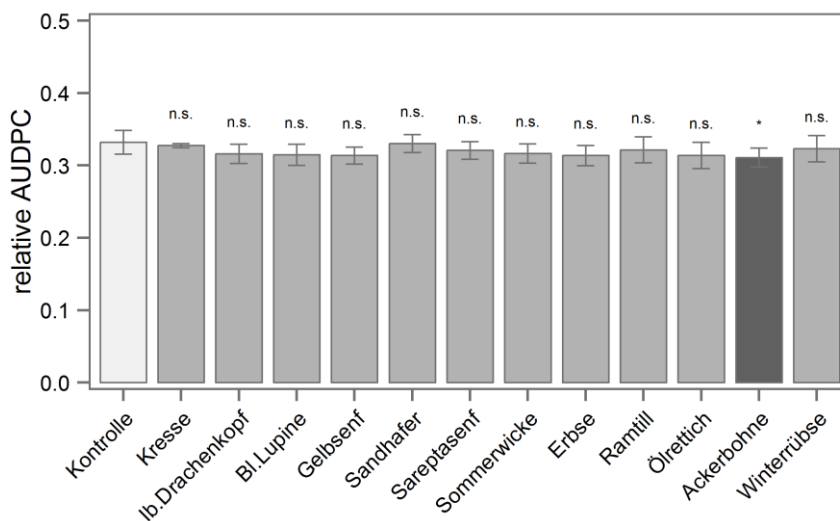


Abb. 2: *P. infestans* Blattbefall nach verschiedenen Zwischenfrüchten, Mittelwerte, Fehlerindikator: Standardfehler, Signifikanzangaben: Zwischenfruchteffekte im Vergleich zur Kontrolle, lineares Modell, *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, n.s.: nicht signifikant

Die dargestellten Ergebnisse zeigen keinen spezifischen Biofumigationseffekt nach *Brassicaceae* auf Krautfäule und Knollenerträge und bestätigen somit bereits durchgeführte Feldversuche (Grabendorfer, 2013). Hinsichtlich der Knollenerträge konnte im Vergleich zur Kontrolle ein unspezifischer Zwischenfruchteffekt beobachtet werden. Phytosanitäre Wirkungen und Biofumigationseffekte werden möglicherweise auch von weiteren Zwischenfruchteffekten wie Nährstoffverfügbarkeit überlagert.

Danksagung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft. (FKZ 09OE114).

Literatur

- Grabendorfer, S. (2013): Biofumigation im ökologischen Kartoffelanbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Band 25. S. 84-85.
- Morra, M.J. & Kirkegaard, J.A. (2002): Isothiocyanate release from soil-incorporated Brassica tissues. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1683-1690.
- R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://R-project.org/>.

Entwicklung erosionsmindernder Anbauverfahren im Feldgemüsebau

Annegret Übelhör

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau (340a), Universität Hohenheim, Stuttgart; E-Mail: Annegret.Uebelhoer@uni-hohenheim.de

Einleitung

Bodenerosion, ausgelöst durch Wind und Wasser, ist ein weltweites Problem, das auch in Deutschland auftritt. Häufig auftretende Starkniederschläge und intensive Bodenbearbeitung sowie die Geländebeschaffenheit fördern die Erosion (Yassoglou et al., 1998). Im Feldgemüsebau erfordern der Anbau mehrerer Kultursätze pro Jahr und Fläche (z.B. Kopfsalat) sowie das feinkrümelige Pflanz- bzw. Saatbeet eine intensive Bodenbearbeitung, beispielsweise mit dem Pflug und einer nachfolgenden Bearbeitung mit der Kreiselegge oder Fräse. Weite Reihenabstände und ein später Reihenschluss erhöhen die Gefahr des Bodenabtrags durch Erosion zusätzlich.

Die im Ackerbau etablierten Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung zur Erosionsminderung, wie die Mulch- oder Direktsaat, erwiesen sich für den Gemüsebau bisher als schwierig. Noch keine Erfahrungen liegen für den Gemüsebau mit dem Strip-Till Verfahren vor, das Vorteile des Pfluges (hohe Erträge) mit der Direktsaat (Erosionsschutz) verbinden soll (Vyn & Raimbault, 1993). Auch die Nutzung von Agrotexilien, wie beispielsweise das Vlies, welches normalerweise als Frostschutz und zur Verfrühung eingesetzt, oder das aus dem ökologischen Anbau als Schädlingsschutz verwendete Kulturschutznetz, könnten als erosionsmindernde Maßnahmen im Gemüsebau eingesetzt werden. In dem vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg getragenen Projektes: „Entwicklung erosionsmindernder Anbauverfahren im Feldgemüsebau“ wurden deshalb von 2010 bis 2013 Maßnahmen entwickelt und geprüft, welche die Bodenerosion im Gemüsebau verringern sollen. Die Nutzung von Vlies und Kulturschutznetz zur Erosionsminderung sowie die Anpassung des Strip-Till Verfahrens für den Gemüsebau standen hierbei im Fokus. Neben der Prüfung des Erosionsschutzes wurde beim Einsatz von Vlies und Kulturschutznetz der Einfluss des veränderten Mikroklimas unter den Abdeckungen auf das Weißkohlwachstum und das Auftreten von Krankheiten untersucht. Das Strip-Till Verfahren sollte innerhalb des Projektes für den Gemüsebau angepasst werden und sowohl das Erosionsschutz- als auch das Ertragspotential geprüft werden. Des Weiteren sollten die Untersuchungen Aufschluss über physikalische Bodeneigenschaften, den Wasserhaushalt und die Stickstoffverfügbarkeit beim Strip-Till Verfahren im Vergleich zur konventionellen, wendenden Bodenbearbeitung geben.

Material und Methoden

Vlies und Kulturschutznetz: Der Feldversuch zur Aufzeichnung des Mikroklimas und der Pflanzenentwicklung wurde auf der Versuchstation der Universität Hohenheim, dem Ihinger Hof (Lkr. Böblingen), in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführt. Es wurde ein 17 g-Standard Verfrühungsvlies sowie ein Kulturschutznetz mit einer Maschenweite von 1,35 mm x 1,35 mm ('Rantai K') verwendet. Als Kontrolle dienten unbedeckte Parzellen. Nach der Weißkohlpflanzung (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *alba*), die jeweils im Mai erfolgte, wurden die 20 m x 2 m großen Parzellen mit dem jeweiligen Textil bedeckt und Sensoren zur Bestimmung des

Bodenwassergehalts, der Bodentemperatur, sowie von Luftfeuchte und Lufttemperatur unter den Abdeckungen installiert. Nach erfolgtem Reihenschluss wurden die Abdeckungen entfernt (ca. 8-10 Wochen nach der Pflanzung). Regelmäßige Probeschnitte zur Bestimmung der Biomasse, Blattanzahl sowie Blattfläche wurden durchgeführt. Des Weiteren wurden regelmäßige Bonituren zum Schaderregeraufkommen unter den Abdeckungen vorgenommen. Nach 135 Wachstumstagen wurden die Pflanzen zum üblichen Erntezeitpunkt geerntet. Zur Prüfung des Erosionsschutzes der verschiedenen Abdeckungen wurde im Jahr 2012 auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb der 'Hohenheimer Gärten' ein Beregnungsversuch bei verschiedenen Hangneigungen (12% und 18%) mit einer Beregnungsanlage durchgeführt.

Das Strip-Till Verfahren im Gemüsebau: Der Feldversuch zur Entwicklung und Prüfung des Strip-Till Verfahrens wurde in den Jahren 2011 bis 2013 auf der Versuchsstation Ihinger Hof in einer randomisierten Blockanlage mit Parzellen der Größe 20 m x 6 m und 4 Wiederholungen durchgeführt. Nach Modifikation der Pflanzmaschine durch eine Rahmenverbreiterung, das Anbringen von Sternräumern und Mulchpflanzscharen, sowie die Konstruktion und das Anbringen einer N-Reihendüngungseinheit wurden verschiedene Intensitäten der Streifenbearbeitung sowie verschiedene Stickstoff-Applikationstechniken geprüft (Tab. 1). Die Streifenbearbeitung erfolgte in den Ernterrückständen der Getreidevorfrucht.

Tab. 1: Versuchsvarianten im Strip-Till Versuch auf dem Ihinger Hof

| Verfahren (Abkürzung) | Bodenbearbeitung Herbst (Bearbeitungstiefe) | Pflanzbettbereitung Frühjahr |
|---|--|---------------------------------|
| Pflug (P) | Pflug (25 cm) | Ja ¹ |
| Klassisches Strip-Till (ST) | Streifenbearbeitung (20 cm) | Nein |
| Intensives Strip-Till mit breitflächiger N-Düngung (STi) | Streifenbearbeitung (20 cm) | Ja ² |
| Intensives Strip-Till mit platziertes N-Düngung (STi_pN) | Streifenbearbeitung (20 cm) | Ja ² |
| Strip-Till mit <i>Phacelia</i> als Zwischenfrucht (ST_ <i>Phac</i>) | Streifenbearbeitung (20 cm) | Nein |

¹ Kreiselegge

² flachere, ca. 10 cm tiefe zweite Streifenbearbeitung

Die Weißkohlplantzung erfolgte zwischen Mai und Juni. Zur Ermittlung des Erosionsschutzpotentials wurden Starkregensimulationen mit einer Kleinberegnungsanlage durchgeführt. Untersuchungen der Bodenparameter (Lagerungsdichte, Eindringwiderstände, Infiltrationsraten, Bodenwassergehalte) wurden an mehreren Terminen während der Vegetationsdauer durchgeführt. Zweiwöchentlich erfolgten Bodenproben zur N_{min}-Bestimmung und Zeiternten von ober- und unterirdischem Aufwuchs mit Bestimmung der N-Gehalte, um die Stickstoffverfügbarkeit in den unterschiedlichen Varianten zu beschreiben. Nach 100 Wachstumstagen erfolgte die Ernte zum üblichen Erntezeitpunkt.

Zur Bestimmung des Ertragspotentials des Strip-Till Verfahrens auf Praxisflächen wurde in den Jahren 2011 bis 2013 das klassische Strip-Till Verfahren mit der konventionellen Bodenbearbeitung auf Flächen von Landwirten auf der Filderebene (Lkr. Esslingen) verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Einsatz von Vlies und Kulturschutznetz zur Erosionsminderung: Bei den Berechnungsversuchen der verschiedenen Agrotexilien konnte im Durchschnitt bei Abdeckung mit Vlies ein um 76% niedrigerer Bodenabtrag im Vergleich zur Kontrolle gemessen werden. Bei der Abdeckung mit Kulturschutznetz konnte der Bodenabtrag um 46% reduziert werden. Während die Bodentemperatur keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten aufwies, wurden bei der Bodenfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der gesamten Wachstumszeit die höchsten Werte unter Vlies, gefolgt von der Netzabdeckung und die niedrigsten Werte in der unbedeckten Kontrolle gemessen. Die Höchsttemperatur unter Vlies lag bei 45 °C, unter Netz bei 37 °C und in der unbedeckten Kontrolle bei 32 °C. Der Blattflächenindex war ebenfalls zu allen Probenahmezeitpunkten unter Vlies am höchsten. Die Ertragsbestimmung ergab im ersten Versuchsjahr signifikant höhere Erträge bei den abgedeckten Varianten (80 t ha⁻¹) im Vergleich zur unbedeckten Kontrolle (66 t ha⁻¹). Im zweiten Versuchsjahr konnten zwar bei den Zeiternten die zwischen Pflanzung und Abnahme der Abdeckungen erfolgten, höhere Trockenmasseerträge und ein höherer Blattflächenindex unter Vliesabdeckung gemessen werden, bis zur Ernte im Herbst konnte dieses Ergebnis aber nicht mehr bestätigt werden. Die Erträge unter Vlies waren mit 53 t ha⁻¹ signifikant geringer als unter Netz und in der Kontrolle (64 t ha⁻¹). Bei Abnahme der Abdeckungen wurden im Jahr 2012 an 4% aller Weißkohlpflanzen die mit Vlies abgedeckt waren, Symptome von *Sclerotinia sclerotiorum* detektiert. In der unbedeckten Kontrolle war keine der Pflanzen von der Fäule betroffen, unter Netzabdeckung waren es lediglich 0,5%. Im zweiten Versuchsjahr konnten in keinen der Varianten Krankheitssymptome festgestellt werden.

Das Strip-Till Verfahren im Gemüsebau: Die Rahmenverbreiterung an der Pflanzmaschine, das Einsetzen von Mulchpflanzscharen und Anbringen von Strohräumern gewährleistete eine Beseitigung von eventuell noch vorhandenen Ernterückständen im Pflanzstreifen, sowie eine präzise Pflanzablage.

Die Simulation von Starkregenereignissen mit Hilfe der Kleinberechnungsanlage zeigte in ST im Jahr 2012 einen um 90% geringeren Bodenabtrag verglichen zu P. In STi waren die Bodenabträge um 50% geringer als in der praxisüblichen Pflugvariante. Somit konnte gezeigt werden, dass der Erosionsschutz durch die doppelte Streifenbearbeitung (Herbst + Frühjahr) abnimmt. Die Lagerungsdichte und die gravimetrischen Wassergehalte waren im Oberboden (0-10 cm) in ST im unbearbeiteten Teil zwischen den Pflanzreihen am höchsten, gefolgt von den Werten in P und denen in ST innerhalb den bearbeiteten Streifen (Abb.1).

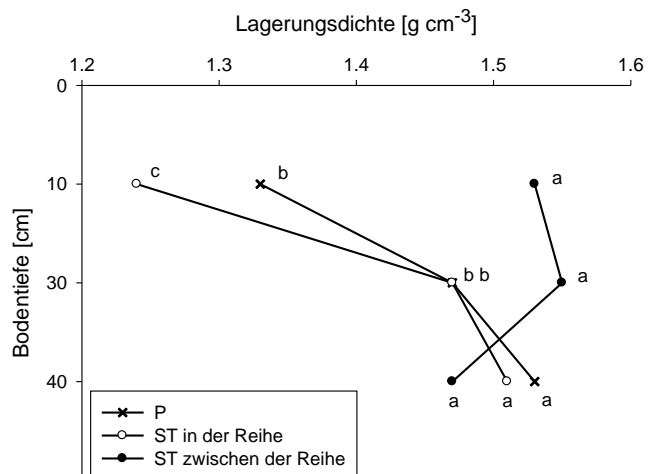


Abb. 4: Lagerungsdichte in 10, 20 und 30 cm Bodentiefe bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Die N_{min}-Gehalte waren tendenziell während der Wachstumsphase in den Pflugparzellen höher als in den Strip-Till Varianten. Zum Erntezeitpunkt konnten aber

keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($5 \text{ kg N ha}^{-1} \pm 0.9 \text{ kg N ha}^{-1}$). Die Stickstoffgehalte waren sowohl in der oberirdischen Biomasse als auch in den Wurzeln zu Beginn der Wachstumszeit in STi_pN am höchsten. Mit längerer Wachstumszeit nahmen im Allgemeinen die Stickstoffgehalte ab. Im Speziellen waren die anfänglich hohen Werte in STi_pN nicht mehr zu messen, so dass zur Ernte die höchsten Stickstoffwerte und höchsten N-Aufnahmeraten in ST detektiert wurden. Dies spiegelte sich auch in den Erträgen wider. Im Jahr 2012 wurde in ST mit 74 t ha^{-1} ein signifikant höherer Frischmasse-Kopfertrag verglichen zu P (65 t ha^{-1}) und zu STi_pN (67 t ha^{-1}) gemessen. Im zweiten Versuchsjahr lagen die Erträge zwischen 50 t ha^{-1} in STi_pN und 58 t ha^{-1} in P. Die Annahme, dass durch eine platzierte N-Düngung die N-Aufnahmen und die Erträge steigen, konnte somit nicht bestätigt werden. Vielmehr stellte sich die klassische Strip-Till Variante bezüglich Erosionsschutz und Ertrag als die effektivste Strip-Till Variante dar.

Tab. 2: Mittlere Weißkohlkopferträge bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in den Jahren 2011 bis 2013 auf dem Ihinger Hof

| | P | ST | STi | STi_pN | ST_Phac |
|------|--|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Frischmassekopfertrag [t ha^{-1}] | | | | |
| 2011 | 59 ^a | 58 ^a | n.d. ¹ | n.d. ¹ | n.d. ¹ |
| 2012 | 65 ^b | 74 ^a | 69 ^{ab} | 67 ^b | n.d. ¹ |
| 2013 | 58 ^a | 57 ^a | 53 ^a | 50 ^b | 51 ^a |

¹n.d.: nicht detektiert

In den 3-jährig durchgeführten Praxisversuchen wurden im Durchschnitt 15% geringere Erträge im Strip-Till Verfahren verglichen zum Pflügenbau gemessen. Das Ertragsniveau lag bei durchschnittlich 87 t ha^{-1} im klassischen Strip-Till Verfahren und bei 102 t ha^{-1} bei konventioneller Bodenbearbeitung.

Fazit: Es konnte gezeigt werden, dass beide Erosionsschutzmaßnahmen einen guten bis sehr guten Erosionsschutz im Weißkohl aufweisen. Der Einsatz von Vlies und Kulturschutznetz kann eine sinnvolle erosionsmindernde und sogar ertragsfördernde Maßnahme darstellen, sofern insbesondere unter feucht-warmen Witterungsbedingungen eine rechtzeitige Entfernung der Textilien erfolgt, um den Krankheitsdruck zu mindern. Mit dem Strip-Till Verfahren konnte im Weißkohlanbau generell ein vergleichbar hohes Ertragsniveau erzielt werden wie im praxisüblichen Anbau mit dem Pflug. Offenbar sind die Pflanzen in der Lage auch aus den unbearbeiteten Bereichen zwischen den Pflanzreihen den Stickstoff aufnehmen zu können, wie die N_{min} -Gehalte, sowie die hohen N-Aufnahmeraten in ST zeigen. Die zweifache Bearbeitung im Herbst und im Frühjahr, sowie die platzierte N-Düngung führten zu keiner Ertragssteigerung, sodass die klassische Variante für die Praxis empfohlen werden kann.

Literatur

- Vyn, T.J. & Raimbault, B.A., 1993: Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agronomy Journal*, vol. 85 (5), 1074-1079.
- Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, R.J.A., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J. & King, D., 1998: Soil Erosion in Europe. *European Soil Bureau*

Insektendiversität in Abhängigkeit zur Beweidungsintensität auf einem Langzeitexperiment

Jerrentrup, Jana Sabrina

Abt. Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen. E-Mail: sjerren@gwdg.de

Einleitung

Zwei Drittel des Arteninventars in Deutschland sind in einem schlechten Zustand (BfN 2014). Besonders landwirtschaftlich genutzte Flächen stehen in der Kritik, die Biodiversität negativ zu beeinflussen. Auf Grünland stellt nicht nur der Umbruch ein Problem dar, auch der Erhaltungszustand des Grünlandes ist gefährdet (BfN 2014). Wie aber können Grünlandnutzung und Insektendiversität miteinander in Einklang gebracht werden? Ist tatsächlich eine möglichst starke Extensivierung nötig, um vielfältige Insektengemeinschaften zu fördern? In diesem Beitrag soll beantwortet werden, welche Beweidungsintensität am besten geeignet ist, um Diversität von Heuschrecken (Orthoptera) und Tagfaltern (Lepidoptera) zu fördern. Des Weiteren soll quantifiziert werden, welche beweidungsrelevanten Faktoren die Insektenvorkommen beeinflussen.

Material und Methoden

Das Experiment wurde auf mesophilem Dauergrünland am Rande des Solling (Niedersachsen) durchgeführt (vgl. Jerrentrup et al. 2014). Der Pflanzenbestand kann als mäßig artenreiches *Lolium-Cynosuretum* charakterisiert werden. Im Versuch wurde ein dreifach repliziertes, randomisiertes Blockdesign mit einer Parzellengröße von 1,0 ha verwendet. Zwischen 2002 und 2004 bestand der Versuch aus zwei Intensitätsvarianten, eine dritte wurde 2005 eingeführt. Der Faktor Beweidungsintensität wurde durch die mittlere Zielnarbenhöhe eingestellt (moderat intensiv (MC): 6 cm, extensiv (LC): 12 cm, sehr extensiv (VLC): 18 cm), die regelmäßig mit dem Rising-Plate-Meter gemessen wurde. Je nach Durchschnittshöhe (CSH) wurden auf die Parzellen Rinder der Rasse Fleckvieh auf- oder abgetrieben (Put-and-Take-System).

Für die Aufnahme von Artenreichtum und Abundanz der Heuschrecken und Tagfalter wurden je drei 50 m-Transekte pro Parzelle eingerichtet. Die Heuschrecken wurden dreimal jährlich (Juli, August, September) mit einer Fangmethode (beschrieben in Wallis de Vries et al., 2007) aufgenommen. Die Tagfalter-Aufnahmen erfolgten im zweiwöchentlichen Rhythmus zwischen Juni/Juli und September. In die Analyse gingen die Jahre 2002-2004 sowie 2010 und 2011 ein.

Für die Analyse der Jahre 2010 und 2011 wurde der mittlere botanische Artenreichtum aus den zweimal jährlich gemachten Vegetationsaufnahmen (zehn 1 m²-Dauerquadrate pro Parzelle) berechnet. Daneben wurde eine Höhenvermessung mittels Sward Stick (100 Einzelmessungen pro mittleres Transekt) durchgeführt, aus der die horizontale Strukturheterogenität (HE) abgeleitet wurde. Die Berechnung der Strukturheterogenität erfolgte mittels der Shannon Evenness, welche auf acht Höhenklassen basierte (alle 5 cm). Die Lückigkeit wurde ebenfalls im Rahmen dieser Messungen abgeschätzt. Als weiteres Strukturmaß wurde die Anzahl der Patches über ein Orthophoto mittels GIS quantifiziert. Dazu wurden die Patches innerhalb einer 5 m-Pufferzone um die Transekte digitalisiert. Im

Bereich der Schmetterlings-Transektmessungen wurde weiterhin das Vorkommen von Disteln (*Cirsium arvense* und *C. vulgare*) aufgenommen. Die Anzahl an Nektarpflanzen für Schmetterlinge wurde anhand des Abgleichs der Vegetationsaufnahmen mit einer Nektarpflanzen-Datenbank (<http://pbh-butterflies.yolasite.com/hostplants-and-nectar.php>, zuletzt besucht am 27.06.2014) abgeschätzt.

Die statistische Auswertung wurde anhand linearer gemischter Modelle durchgeführt. Zur Analyse der Beweidungsvarianten wurden Beweidungsintensität und Jahr als feste Faktoren verwendet ebenso wie deren Interaktion. Die Mehrfachmessungen pro Parzelle wurden als Pseudoreplikationen im Random-Part berücksichtigt. Als Zielvariablen wurden Artenreichtum und Abundanz von Heuschrecken und Schmetterlingen verwendet. Um die Bedeutung verschiedener beweidungsrelevanter Umweltvariablen mit diesen Zielvariablen herauszufinden, wurden multiple Regressionen (Modellsimplifikation anhand AIC) berechnet, basierend auf den Messungen von 2010 und 2011. Hierfür wurden Variablen verwendet, die einen Zusammenhang mit den Zielvariablen zeigten.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl Artenreichtum als auch Abundanz der Heuschrecken waren über alle Jahre hinweg höher auf LC als auf MC ($P=0,023$, $P=0,013$; Abb. 1a, c). Tagfalter waren tendenziell abundanter auf LC als auf MC ($P=0,093$, Abb. 1c). Ihr Artenreichtum hingegen unterschied sich zwischen den beiden Varianten LC und MC je nach Jahr (Interaktion Variante x Jahr: $P<0,001$, Abb. 1d).

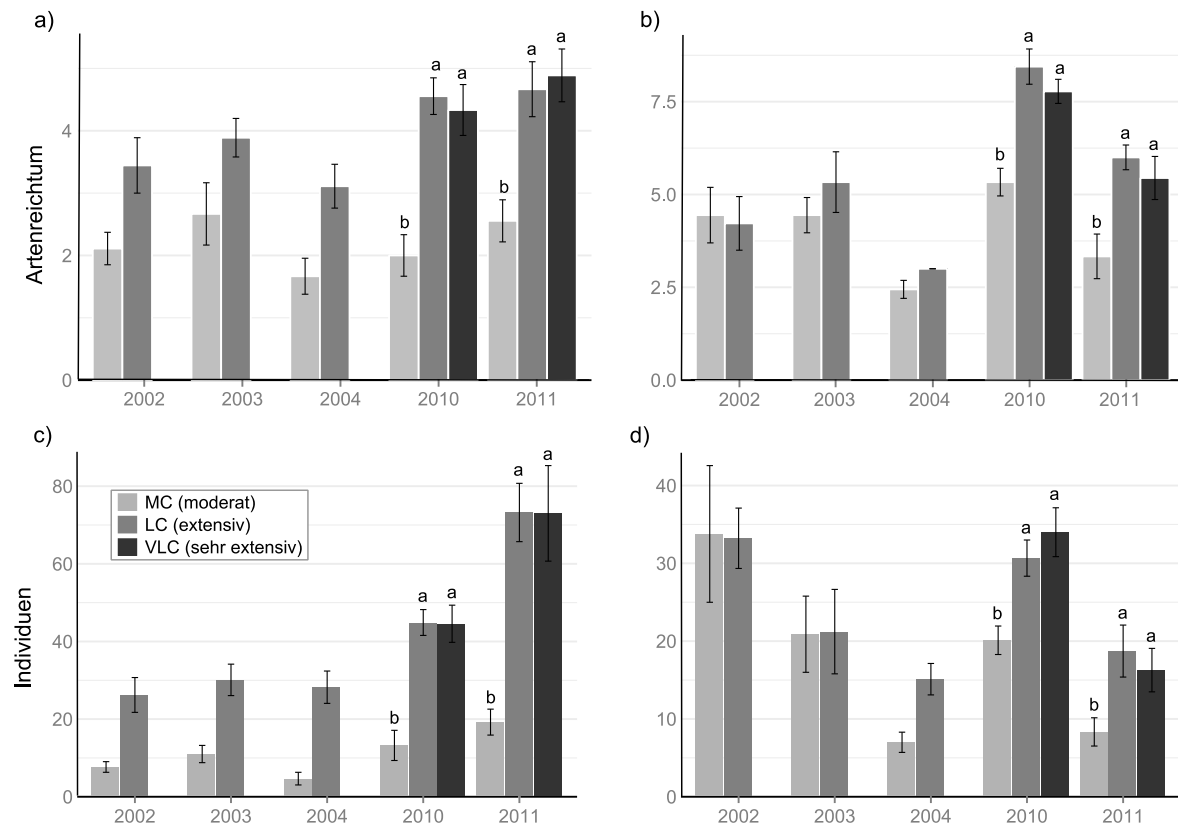


Abb. 1: Mittlerer Artenreichtum von a) Heuschrecken und b) Tagfaltern sowie Abundanz (Anzahl Individuen) der c) Heuschrecken und d) Tagfalter zwischen 2002 und 2011 in Abhängigkeit zur Beweidungsintensität. Die Fehlerbalken repräsentieren den Standardfehler.

Die Abundanzen der Heuschrecken deuteten auf eine lineare Entwicklung mit der Zeit hin. Aus diesem Grund wurde ein gemischtes lineares Modell berechnet, welches im Unterschied zum Grundmodell die Jahre als numerische Einheit (nicht als Faktor) beinhaltet. Eine signifikante Interaktion zwischen Variante und Jahr ($P=0,006$) deutete auf eine unterschiedliche zeitliche Entwicklung der Abundanzen in Abhängigkeit der Variante hin. Somit wurde der Unterschied zwischen den Varianten LC und MC mit der Zeit immer größer. Die Heuschrecken konnten daher besonders vom langjährig konstanten Management profitieren.

Für die Jahre 2010 und 2011 konnte auch die dritte Variante, VLC, mit ausgewertet werden. Es zeigte sich, dass auf MC signifikant weniger Arten und Individuen sowohl von Heuschrecken als auch von Tagfaltern zu finden waren (Abb. 1). Interessanterweise trat zwischen den extensiveren Varianten LC und VLC kein Unterschied auf; ganz im Gegenteil waren die Abundanzen eher rückläufig, wenn auch nicht signifikant. Eine starke Extensivierung auf das Niveau von VLC ist daher weder für Heuschrecken noch für Tagfalter notwendig.

Um herauszufinden, welche Variablen die Diversitätsmuster bedingen, wurden multiple Regressionen durchgeführt (Tab. 1). Hier zeigte sich, dass für Heuschrecken-Artenreichtum und -Abundanz neben der mittleren Narbenhöhe die Patchiness (Anzahl hoher/niedriger Patches in Transektumgebung) eine Rolle spielt. Für die Anzahl der Individuen war daneben die Höhenklassen-Evenness als weiterer Strukturparameter wichtig. Auch bei den Tagfaltern kamen mehr Arten bei höherer Patchiness vor. Die gleichmäßige Verteilung unterschiedlicher Höhenklassen war ausschlaggebend für die Tagfalterabundanz.

Tabelle 1: Ergebnisse der multiplen Regression hinsichtlich Artenreichtum und Abundanz von Heuschrecken und Tagfaltern. *: $P<0,05$; **: $P<0,01$; ***: $P<0,001$. Variablen, die aus dem Maximalmodell eliminiert wurden sind mit „-“ gekennzeichnet. Leere Zellen stehen für nicht integrierte Variablen in dieser Artengruppe.

| | Heuschrecken | | Tagfalter | |
|------------|---------------|----------|---------------|----------|
| | Artenreichtum | Abundanz | Artenreichtum | Abundanz |
| CSH | *** | *** | ** | - |
| HE | n.s. | * | - | *** |
| Patches | * | * | * | - |
| Lückigkeit | - | * | | |
| PlantSpR | n.s. | - | | |
| NectarN | | | - | * |
| Disteln | | | ** | *** |

CSH: Narbenhöhe (compressed sward height), HE: Höhenklassen-Evenness, PlantSpR: Pflanzenartenreichtum, NectarN: Anzahl Nektarpflanzen, Disteln: *Cirsium arvense* + *C. vulgare*.

Rinder bevorzugen bei ausreichend vorhandenem Futterangebot qualitativ hochwertige Vegetationspatches, welche durch die wiederkehrende Entblätterung stetig Futter besserer Qualität bieten (Adler et al. 2001). So kann auf Weiden ein Mosaik aus häufig entblätterten, niedrigen Patches und höheren, gemiedenen

Bereichen entstehen. Dieses Mosaik kann in seinen Kernbereichen auch über Jahre hinweg bestehen bleiben (Rossignol et al. 2011). Dabei sind in hohen Patches viele Insekten abundant, da hier Schutz und Nahrung zur Verfügung stehen (Gardiner et al. 2002). Durch das Nebeneinander von hohen und niedrigen Narbenbereichen können sowohl Arten, die an niedrige Vegetation angepasst sind, als auch solche hoher Grasbereiche geeignete Bedingungen finden. Daneben werden bei mittlerer Beweidungsintensität auch Arten gefördert, die sowohl niedrige als auch hohe Narbenbereiche innerhalb ihres Lebenszyklus benötigen (Wallis de Vries et al. 2007). In dieser Untersuchung konnten gezeigt werden, dass besonders die heterogene Narbenstruktur, die durch Rinder geschaffen wird, bedeutend für die Diversität ist. Tatsächlich war die Strukturheterogenität auch wichtiger als die Pflanzenartenvielfalt (Tab. 1). Es konnte daher bestätigt werden, dass eine Beweidung bei mittlerer oder geringer Intensität gute Bedingungen für Heuschrecken und Tagfalter schafft. Das unveränderte Management zeigte sich zudem besonders förderlich für die Abundanz der weniger mobilen Heuschrecken, da vermutlich durch die Konstanz hoher Kernbereiche sichere und wenig gestörte Habitate für die Reproduktion bestanden blieben. Eine mittlere Beweidungsintensität eignet sich daher besonders gut, um die Diversität an Heuschrecken und Tagfaltern zu erhalten und zu fördern. Die Effekte derartig gemanagter Standweiden können sich in der Folge nicht nur zu Arten höherer trophischer Ordnungen fortsetzen, sondern tragen auch direkt zu wichtigen Ökosystemdienstleistungen wie der Bestäubung bei.

Literatur

- Adler, P., Raff, D. & Lauenroth, W. (2001) The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128, 465-479.
- BfN (2014) Die Lage der Natur in Deutschland. Ergebnisse von EU-Vogelschutz und FFH-Bericht. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 17 S.
- Gardiner, T., Pye, M., Field, R. & Hill, J. (2002) The influence of sward height and vegetation composition in determining the habitat preferences of three *Chorthippus* species (Orthoptera: Acrididae) in Chelmsford, Essex, UK. *Journal of Orthoptera Research* 11, 207–213.
- Jerrentrup, J.S., Wrage-Mönnig, N., Röver, K.-U. & Isselstein, J. (2014) Grazing intensity affects insect diversity via sward structure and heterogeneity in a long-term experiment. *Journal of Applied Ecology* 51, 968-977.
- Rossignol, N., Chadoeuf, J., Carrère, P. & Dumont, B. (2011) A hierarchical model for analysing the stability of vegetation patterns created by grazing in temperate pastures. *Applied Vegetation Science* 14, 189-199.
- Wallis de Vries M.F., Parkinson A.E., Dulphy J.P., Sayer M. & Diana E. (2007) Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 4. Effects on animal diversity. *Grass and Forage Science* 62, 185-197.

Variabilität innerhalb von Brokkoli Beständen, Ursache und Prognose zur Entscheidungsunterstützung

Karsten Zutz, Andreas Fricke, und Hartmut Stützel

Leibniz Universität Hannover / Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme /
Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
E-Mail: zutz@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Brokkolibestände sind durch eine starke Heterogenität der Einzelpflanzen gekennzeichnet. In eigenen Untersuchungen auf Praxisbetrieben wurden Variationskoeffizienten der Kopfgröße zwischen 25 und 35 % ermittelt. Die Köpfe der Einzelpflanzen erreichen ihr Erntegewicht von 500 g innerhalb eines bestimmten Erntefensters von einer Woche und mehr, sodass, um homogene Kopfgrößen vermarkten zu können, Mehrfachernten erforderlich werden. Im Mittel erfordert in der Praxis jeder Bestand drei Erntegänge, die einen wesentlichen Teil der Produktionskosten ausmachen und für den Produzenten überdies einem hohen Planungsaufwand verursachen. Die Festlegung der optimalen Erntestrategie wird zudem durch stark schwankende Marktpreise überlagert. Die Ursachen für die auftretende Bestandesvariabilität sind dabei nach bisherigem Publikationsstand weitestgehend unbekannt. Wachstumsunterschiede im Feld aufgrund inhomogener Bodeneigenschaften und Wachstumsbedingungen, die Verwendung von unterschiedlich großen und stark inhomogenen Jungpflanzen sowie entwicklungsphysiologische Unterschiede in Jugendentwicklung und Kopfanlage von Einzelpflanzen sind denkbare Ursachen. Vor diesem Hintergrund wurden Untersuchungen zu der Einzelpflanzenvariabilität innerhalb von Brokkolibeständen durchgeführt. Ziel ist eine möglichst genaue Prognose der zeitlichen Verteilung der Erntefähigkeit der Einzelpflanzen innerhalb der Bestände als Grundlage für die Ableitung von Erntestrategien für den Produzenten.

Material und Methoden

Zur ersten Quantifizierung der auftretenden Streuung im Bestand wurden Untersuchungen bei einem großen Gemüseproduzenten durchgeführt, in denen neben Wetterdaten die Wachstums- und Entwicklungsparameter der Pflanzen erfasst, Jungpflanzenpartien beprobt und die lokalen Abhängigkeiten der Kopfgröße von Einzelpflanzen innerhalb der Bestände geostatistisch ermittelt wurden. Hierbei wurden voll randomisiert Proben von verschiedenen Partien Jungpflanzen gezogen. Es wurden nicht-destruktive Messungen zur Bestimmung von vegetativen und Kopfwachstumsraten auf Einzelpflanzenbasis durchgeführt. Die Erfassung der Daten erfolgte in einem fixen Raster von 1,2 x 1,2 m in insgesamt 4 Parzellen/Satz à 24 Pflanzen und zwei Anbausätzen 2010, und in insgesamt 4 Parzellen/Satz à 20 Pflanzen in vier Anbausätzen 2011. Daneben erfolgte die destruktive Erfassung der Trockenmasseverteilung zur Quantifizierung der Variabilität von randomisiert entnommenen Einzelpflanzen. Die destruktiven Messungen wurden in 2012 an insgesamt fünf Anbausätzen wiederholt, um den Datensatz zur späteren Modellvalidierung zu vervollständigen. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels

Regressionsanalyse, zudem erfolgten eine Analyse der räumlichen Abhängigkeitsverhältnisse der Daten mittels Semivarianzanalyse mit der GS+ Geostatistics Software (<http://www.gammadesign.com/>).

Um zu überprüfen, ob Größenunterschiede der Jungpflanzen die Ursache für die auftretende Kopfgrößenstreuung sind, wurden Versuche auf dem Versuchsfeld in Hannover-Herrenhausen durchgeführt. Dabei wurden zunächst die maximalen Breiten von Einzelblättern der Jungpflanzen vor der Pflanzung zerstörungsfrei erfasst. Eine quadratische Beziehung zwischen maximaler Einzelblattbreite und Einzelblattfläche wurde genutzt, um die Gesamtblattfläche zerstörungsfrei zu schätzen. Die Funktionsparametrisierung erfolgte getrennt für jeden Anbausatz. Um den Einfluss der Jungpflanzenstreuung auf die Kopfgrößenstreuung zu untersuchen, wurden dann in insgesamt vier Anbausätzen Bestände mit Jungpflanzen unterschiedlicher Größe und Größenstreuung aufgepflanzt. Der Einfluss des Pflanztermins auf die Entwicklung der Bestandesstreuung wurde ebenfalls untersucht. Folgende Varianten wurden in einer zweifaktoriellen Spaltanlage (Hauptplot Pflanztermin, Sub-Plot Jungpflanzensortierung) mit drei Wiederholungen miteinander verglichen: Kleine Jungpflanzen mit mittlerer Streuung (Variationskoeffizient 10-15 %), große Jungpflanzen mit mittlerer Streuung (Variationskoeffizient 10-15 %), Median der jeweiligen Jungpflanzenpopulation mit geringer Streuung (Variationskoeffizient 1-6 %) und eine alternierende Variante, in der große neben kleine Pflanzen im Schachbrettmuster aufgepflanzt wurden (Variationskoeffizient 18-30 %). Dabei wurden die Hypothese geprüft, dass (a) die Jungpflanzengröße die Zeit von der Pflanzung bis zum Erreichen von 500 g Kopffrischgewicht beeinflusst und (b) dass durch Konkurrenz zwischen den Einzelpflanzen die Größenstreuung im Verlauf der Bestandesentwicklung zunimmt. In den Versuchen wurden Bestandesentwicklung und Streuung in der Kopfgröße untersucht. Zusätzlich erfolgte eine Bestimmung der Frisch- und Trockenmasse der Einzelorgane an jeweils 4 Auswertungsterminen pro Satz in 2011 und 3 Auswertungsterminen pro Satz in 2012., sowie eine Messung der Dauer bis zur Kopfanlage durch mikroskopische Untersuchungen der Vegetationskegel in 2011. Die Datenauswertung erfolgte mittels Varianzanalyse. Zusätzlich wurden Regressionsanalysen auf Einzelpflanzenbasis durchgeführt. Ein likelihood ratio test wurde genutzt um einen statistischen Vergleich der Kopfgrößenstreuung aus den aus verschiedenen strak streuenden Jungpflanzen etablierten Bestandesvarianten durchzuführen. Alles statistischen Auswertungen erfolgten mit der Software R.2.15.2 (R Core Team, 2014).

Um die Temperaturwirkung auf die Entwicklung der Pflanze zu quantifizieren und um die auftretende Variabilität zu erfassen, wurden Klimakammerversuche durchgeführt. Zur Quantifizierung der Jugendphase erfolgte zunächst eine gestaffelte Anzucht von Pflanzen bei hoher Temperatur (26 °C) und im Anschluss die Überführung unterschiedlich alter Pflanzen in niedrige Temperaturbedingungen zur Förderung der Kopfanlage (10 °C). Die Dauer bis zum Erreichen der generativen Phase wurde durch vollrandomisierte Zeiternten und mikroskopische Untersuchungen der Vegetationskegel bestimmt.

Zur Quantifizierung der Temperaturwirkung auf die Kopfanlage und der Streuung in der Kopfanlage in Abhängigkeit von der Temperatur wurde ein zweiter Klimakammerversuch durchgeführt. Die Pflanzen wurden bei nicht vernalisierender Temperatur (26 °C) angezogen und anschließend in unterschiedliche Temperaturstufen (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 und 26 °C) mit konstanter Tag/Nacht Temperatur überführt. Die Dauer bis zum Ende der Vernalisation wurde analog zu

dem Versuch zur Quantifizierung der Jugendphase erfasst. Die Auswertung erfolgte mittels stückweiser linearer Regression.

Ergebnisse und Diskussion

In den Praxisuntersuchungen in 2010 und 2011 wurden keine engen Korrelationen zwischen dem Gesamtpflanzengewicht und dem Kopfgewicht von Einzelpflanzen ermittelt. Weiter zeigten die Analysen, dass die Kopfwachstumsraten von Einzelpflanzen nur geringen Schwankungen unterliegen. Untersuchungen der räumlichen Verteilung von Einzelkopfgrößen im Feld und geostatistische Analysen zeigten, dass die Kopfgrößenschwankung zudem zufällig verteilt im Feld auftritt. Lokale Effekte und Einflüsse der Fahrgasse konnten nur sehr vereinzelt aufgezeigt werden.

Die Untersuchungen an verschiedenen Partien Jungpflanzen in der Anbaupraxis ergaben starke Unterschiede in der Blattfläche mit Variationskoeffizienten von 15 bis 30 % innerhalb einer Partie.

In dem Versuch zu den Größenunterschieden der Jungpflanzen als mögliche Ursache für die auftretende Kopfgrößestreuung konnten keine Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten nachgewiesen werden. Die Streuung in der Kopfgröße von Beständen, die aus homogenen Jungpflanzen etabliert wurden, unterschied sich nicht von der Kopfgrößestreuung von Beständen mit stark schwankender Jungpflanzengröße als Ausgangsbasis. Auffällig war, dass der Zeitpunkt der Kopfanlage (mikroskopische Vegetationskegelmessung) der einzelnen Pflanzen unabhängig von ihrer Größe stark variabel war.

Die Ergebnisse des ersten Klimakammerversuches zeigen die Existenz einer Jugendphase, diese ist jedoch bei Pflanzung (3-4 Blattstadium) abgeschlossen und findet somit keine Berücksichtigung in der Prognose zur Entwicklung der Bestandesstreuung auf Feldebene.

Im zweiten Klimakammerversuch wurde eine von der Temperatur unabhängige Streuung von 8,6 % in der Kopfanlage von Einzelpflanzen gemessen. Anhand der Ergebnisse wurde in einem Modellansatz zur Abschätzung der Dauer der Kopfanlage in Abhängigkeit von der Temperatur und der Variabilität in der Kopfanlage entwickelt. Die Berechnung der Vernalisation erfolgt durch ein stückweise lineares Modell in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Abweichung der Pflanzen von dieser mittleren Kopfanlagerate wird durch Unterteilung des Bestandes in 10 gleich große Klassen und dem im Klimakammerversuch ermittelten Variationskoeffizienten erreicht. Für die im Klimakammerversuch gemessenen Abweichungen der Einzelpflanzen von der mittleren Kopfanlagerate wurde zunächst positiv auf Normalverteilung getestet. Die der Klasse entsprechende Abweichung vom Mittelwert wird im Modell ermittelt, indem der vorgegebene Variationskoeffizient mit der entsprechenden Entwicklungsrate multipliziert wird. Das Ergebnis wird in einer Variablen für die Standardabweichung gespeichert. Normiert wird dieser Wert durch Multiplikation mit dem Wert für die Normalverteilungsfunktion, der der jeweiligen Klasse entspricht. Ein Test an unabhängigen Felddaten zeigt, dass das Modell den Zeitpunkt der Kopfanlage verschiedener Sätze mit einem mittleren Fehler von 1,3 Tagen vorhersagen kann. Die gemessenen Variationskoeffizienten der Dauer bis zur Kopfanlage innerhalb eines Bestandes werden mit einer mittleren Abweichung von 0,14 % vorhergesagt. Um dies in einem Modell zur Entscheidungsunterstützung zu berücksichtigen und um die Hypothese zu überprüfen, dass diese Unterschiede in

der Kopfanlage von Einzelpflanzen ursächlich für die auftretende Kopfgrößenstreuung in den Beständen ist, wurde das Submodell zur Kopfanlage und Variabilität in der Kopfanlage in ein Modell zur Simulation der Trockenmasseproduktion und -verteilung integriert. Im Modell wird die Entwicklung des Bestandes in Vernalisationsphase und Kopfwachstumsphase eingeteilt. Die Trockenmasse berechnet sich aus dem Produkt aus aufgenommener photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR) und der Lichtnutzungseffizienz (LUE). Die aufgenommene PAR wird über den Blattflächenindex (LAI) und den Lichtextinktionskoeffizienten (k) berechnet. Die Schleife von Trockenmassenproduktion zu LAI wird durch Multiplikation der Blatttrockenmasse mit einem Wert für die spezifische Blattfläche (SLA) geschlossen. Der Parameter LUE wird dynamisch anhand von PAR Daten geschätzt und der Parameter SLA wird im Modell als Funktion von Globalstrahlung und Pflanzenalter errechnet. Während des vegetativen Wachstums beschreibt ein allometrischer Ansatz die Trockenmasseverteilung zwischen den Organen. Nach Abschluss des Vernalisationsprozesses einer Klasse wird der Anteil der Trockensubstanz, die dem Kopf zugeordnet wird, durch eine empirische Funktion simuliert. Der Erntezeitpunkt wird mittels einer Beziehung zwischen Kopffrischgewicht und Kopftrockengewicht bei einem Erreichen von 500 g Frischgewicht bestimmt. Die verwendeten Modellparameter basieren auf Felddaten aus Praxisbeständen 2010. Das Modell wurde an unabhängigen Daten evaluiert. Hierzu wurden unabhängige Felddaten der Brokkoli Sorte ('Ironman') aus dem Versuchsflächen der Leibniz Universität Hannover (5 Sätze) und Flächen des Praxisbetriebs in Mecklenburg -Vorpommern (8 Sätze) aus den Jahren 2011 und 2012 genutzt. Die unterschiedlichen Anbausätze umfassten verschiedene Jungpflanzenanzuchtssysteme, verschiedene Bodentypen und sieben verschiedene Standorte. Als Modellinput wurden Wetterdaten von insgesamt 4 Wetterstationen in der Anbauregion bzw. Daten der Meteorologie der Leibniz Universität Hannover verwendet. Die Modellevaluierung zeigt eine gute Übereinstimmung von simulierten und gemessenen Teilgrößen: LAI, SLA, sowie von Trockenmassen der Einzelorgane. Das Modell ist in der Lage, das Kopffrischgewicht genau zu simulieren (BIAS 28,0 g; RMSD = 74,5 g). Der Verlauf der Kopfgrößenstreuung wird gut wiedergegeben und das Modell erklärt bis zu 95 %, im Mittel 55 % der gemessenen Variabilität von Kopfgrößen innerhalb eines Bestandes. Die Streuung in der Vernalisation erklärt einen Großteil der auftretenden Bestandsstreuung. Anhand der Modellsimulation kann die Ernteverteilung der Köpfe zu jedem Zeitpunkt und die Verteilung der individuellen Erntedauern sowie daraus resultierenden Erntefenster geschätzt werden. Dies kann zur Optimierung der Ernte genutzt werden und Ernteplanungen der Produzenten unterstützen, da die Vorhersagen der Zeit bis zur Ernte der einzelnen Pflanzenkohorten ein Abschätzen der ökonomisch optimalen Erntezeitpunkte bei schwankenden Marktpreisen ermöglichen.

Development of a generic, model-based approach to optimize light distribution and productivity in strip-intercropping systems

Sebastian Munz

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340a), Universität Hohenheim, Stuttgart.
Email: s.munz@uni-hohenheim.de

Introduction

China plays an important role in global food security and feeds nowadays around 20% of the world population on only 7% of the world's arable land. For future food security in China, grain production has to be increased by at least 35 % during the next 20 years (Zhang et al, 2011). However, the high productivity of Chinese agriculture resulted mainly from a large expansion of the irrigated arable land and an increased consumption of chemical fertilizers. Therefore, in contrast to the past intensification, agricultural productivity has to be increased in a more sustainable way. Besides optimizing monocropping systems, growing two or more crops simultaneously on the same field, so-called intercropping, has the potential to increase resource-use-efficiency and productivity beyond their monocropping equivalents (Willey, 1990). A large variety of intercropping systems exists in China; however, their share in the agricultural production declined, mainly due to the high labor-demand of the prevailing intercropping systems and migration of rural laborers to urban areas (Feike et al., 2012). An option, more common in modernized-agricultural systems is growing the intercrops in strips to facilitate mechanized management. For the optimization of the productivity, the crucial questions are the selection of crops and cultivars and their arrangement over space and time taking into consideration the local growing conditions. The number of factors arising are too large for experimental investigation. Modeling approaches are recognized as an essential tool to gain more insight into the processes driving the productivity in order to optimize intercropping systems (Malézieux et al., 2009). Therefore, the present doctoral thesis embedded in the Sino-German Research Training Group (DFG-GK1070) combined field experiments in Germany and China with modeling approaches. Special focus was given on strip intercropping systems of maize (*Zea mays* L.) with a shorter legume crop. The competition for light plays a major role in these systems, due to the large height differences between these crops during their co-growing period. The specific objectives were: (i) to investigate the competition for light between the intercropped species; (ii) to investigate plant growth and yield formation of the intercropped species; (iii) to develop and validate a light competition model; (iv) to develop an approach to model plant growth and yield formation of the intercropped species; and, (v) to identify promising cropping designs and detect future research needs to increase the productivity of strip-intercropping systems.

Materials und methods

Field experiments were conducted in Germany during the growing seasons 2010 to 2012 and in China from 2010 to 2011. In Germany, the experiments were carried out at the experimental station "Ihinger Hof" of the University of Hohenheim in southwestern Germany (48° 44' N, 8° 55' E; 477 m a. s. l.). In China, experiments were conducted in the North China Plain at the experimental station of the Institute of Agricultural Sciences in Fangshan, Beijing (39° 41' N, 116° 8' E, 50 m a. s. l.). In

alternating strips, maize and vegetables, including bush bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nana*) were grown.

Measurements were conducted in individual rows across the strip of each crop, at least in the first two border rows and the center row of the strip. Total dry matter, yield formation, leaf area index, leaf number, and plant height were determined regularly.

Competition for light between the crops was monitored in 5-minute intervals with PAR/LE line sensors (SOLEMS S.A., Palaiseau, France) and stored with a CR23X Micrologger (Campbell Scientific, Logan, USA) in individual rows across the strip over a two-months co-growing period in Germany in 2012.

To identify significant differences between individual rows within the strip of each crop, a mixed model was fitted using the mixed procedure of SAS 9.2 (SAS Institute, 2009). Spatial trend effects modeled by different co-variance structures accounted for the lack of randomization inherent to strip-intercropping systems (Knörzner et al., 2010). The model with the best fit was further subjected to an analysis of variance with a significance level of 5%.

For the simulation of the light availability for the shorter crop (in our study bush bean), a geometric light partitioning model was developed, validated and evaluated for important aspects of cropping design (Munz et al., 2014c). Process-oriented plant growth models were used to simulate canopy height and LAI of maize (IXIM; Lizaso et al., 2011); and, plant growth and yield formation of bush bean (CROPGRO-green bean version; Boote et al., 1998).

Results and discussion

Experimental results showed that higher maize yields were achieved in strip-intercropping due to a higher lateral incoming radiation in the border rows of maize, which in turn increased mainly the kernel number (Munz et al., 2014b). Maize yields calculated for strips consisting of 18 to 4 rows increased on average by 5 to 24 % and 3 to 12 % at the Chinese and German sites, respectively (Tab.1).

Tab.1: Yield advantage of intercropped maize grown in different strip widths (4 to 18 rows of maize) in comparison to monocropped maize averaged over three (China) and four (Germany) growing seasons.

| Maize strip width (n rows) | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yield advantage ^a _China (%) | 23.5 | 15.7 | 11.8 | 9.4 | 7.8 | 6.7 | 5.9 | 5.2 |
| Yield advantage ^a _Germany (%) | 11.7 | 7.8 | 5.8 | 4.7 | 3.9 | 3.3 | 2.9 | 2.6 |

^a Yield advantage = yield of intercropped maize in comparison to yield of monocropped maize

On contrast, radiation was reduced by 56 to 83 % from the first row on the west side (W1) to the center row across the strip of the shorter crop bush bean grown between maize strips (Tab. 2). However, bush bean tolerated shading up to 30 % as indicated by a similar total dry matter compared to monocropped bush bean. The shade tolerance was mainly related to a considerable increased leaf area index (LAI) from row W2 to the center row, which led to a higher light interception. These results suggest a good potential for bush bean grown in association with taller crops. However, higher shade levels as experienced in row W1 resulted in a substantially decreased total dry matter.

Tab. 2: Available PAR, maximum LAI and total dry matter across the bush bean strip from west (W) to the center row (W1-W2-W3-W4-Center) and for the monocropped bush bean (Mono) in Germany during the 2012 growing season. Mean values in one column followed by the same letter are not significantly different from each other ($\alpha = 0.05$)

| Bush bean row | Available PAR (% of open area) | Total dry matter (kg ha ⁻¹) | Maximum LAI (m ² m ⁻²) |
|---------------|--------------------------------|---|---|
| W1 | 56 | 3007 ^a | 2.5 ^a |
| W2 | 68 | 5466 ^b | 4.0 ^b |
| W3 | 78 | 5365 ^b | 4.5 ^b |
| W4 | 82 | 5378 ^b | 4.3 ^b |
| Center | 83 | 5317 ^b | 4.4 ^b |
| Mono | 100 | 5317 ^b | 2.6 ^a |

The radiation availability is highly heterogeneous both across the strip of the shorter crop and throughout the day. The developed light partitioning model showed a high accuracy in simulating the diurnal variation of radiation across the strip as shown for row 1 on the west side and in the center row of the bush bean strip in Fig. 1.

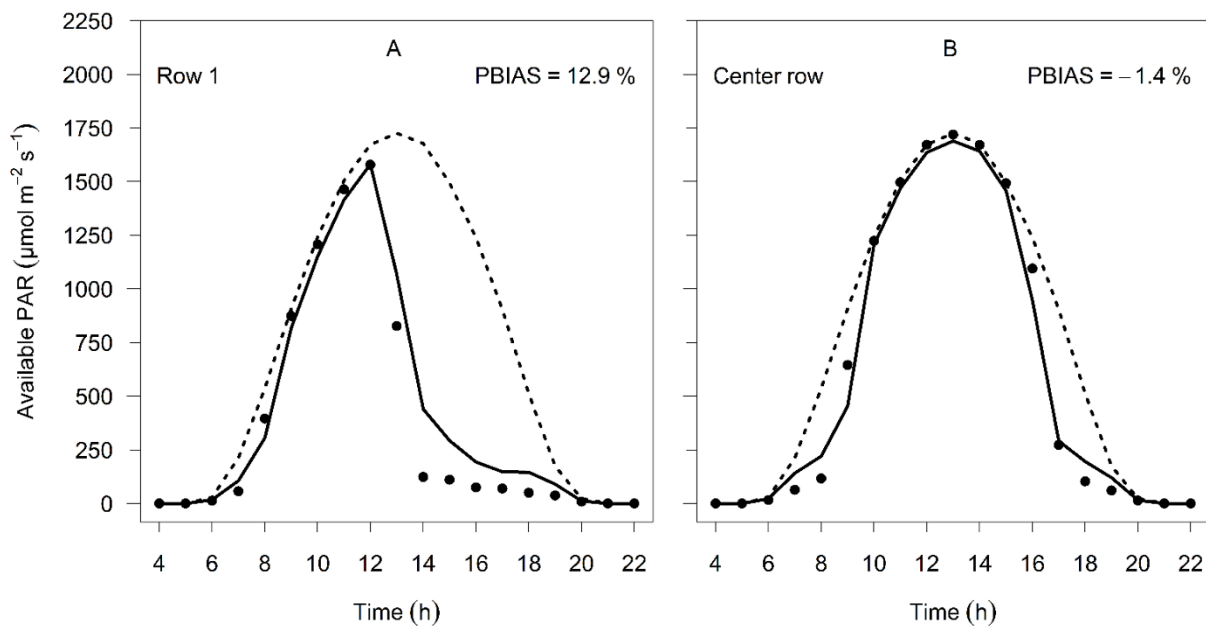


Fig. 1: Hourly observed (symbols) and simulated (solid line) available photosynthetically active radiation (PAR) on a clear day at the top of the bean canopy in row 1 on the west side (A) and the center row (B) within a nine-rows wide strip; and, incoming PAR above the neighboring maize canopy (dotted line). Percent bias (PBIAS) expresses an average under- or overestimation of the simulations.

The comparison of observed and simulated hourly values across the strip over a two-months period showed a high accuracy of the simulations both under clear and cloudy conditions with an average percent bias (PBIAS) of -3.4 to 10 % (Munz et al.,

2014c). Simulations made for different strip widths, LAIs and canopy heights of maize (simulated with the IXIM maize model), latitudes and sky conditions indicated that maize cultivars with a reduced height and LAI are the most promising options to increase the light availability for the shorter crop. Increasing the strip width might only be a suitable option at lower latitudes (in our study, at 24° N) under a high fraction of direct radiation (Munz et al., 2014b).

The legume growth model CROPGRO was adapted to run with hourly observed data of PAR and calibrated to monocropped bush bean. Simulations based on hourly PAR in row W1 showed a high accuracy, which suggests a good potential for further using CROPGRO in simulations of plant growth of intercropped legumes (Munz et al., 2014a).

In conclusion, future research should focus especially on cultivar selection as changing the cropping design (e.g. strip width) only marginally influenced light availability. Further, the combination of the developed light partitioning model with process-oriented plant growth models provides a promising approach to deal with the high complexity of intercropping systems; especially, regarding the minor share of time and money invested compared to research on monocropping systems.

References

- Boote, K.J., J.W. Jones, G. Hoogenboom, and N.B. Pickering. 1998. The CROPGRO model for grain legumes. pp. 99–128. In G.Y. Tsuji et al. (ed.) *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, the Netherlands.
- Feike, T., R. Doluschitz, Q. Chen, S. Graeff-Hönninger, and W. Claupein. 2012. How to overcome the slow death of intercropping in the North China Plain. *Sustainability* 4:2550-2565.
- Knörzer, H., B.U. Müller, B. Guo, S. Graeff-Hönninger, H.-. Piepho, P. Wang, and W. Claupein. 2010. Extension and evaluation of intercropping field trials using spatial models. *Agron. J.* 102:1023-1031.
- Lizaso, J.I., K.J. Boote, J.W. Jones, C.H. Porter, L. Echarte, M.E. Westgate, and G. Sonohat. 2011. CSM-IXIM: A New Maize simulation model for DSSAT version 4.5. *Agron. J.* 103:766-779.
- Malézieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. De Tourdonnet, and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustainable Dev.* 29:43-62.
- Munz, S., W. Claupein, and S. Graeff-Hönninger. 2014a. Growth of bean strip-intercropped with maize – Evaluation of the CROPGRO model. *Agronomy Journal* (accepted with minor revision).
- Munz, S., T. Feike, Q. Chen, W. Claupein, and S. Graeff-Hönninger. 2014b. Understanding interactions between cropping pattern, maize cultivar and the local environment in strip-intercropping systems. *Agric. For. Meteorol.* 195-196:152-164.
- Munz, S., S. Graeff-Hönninger, J.I. Lizaso, Q. Chen, and W. Claupein. 2014c. Modeling light availability for a subordinate crop within a strip-intercropping system. *Field Crops Res.* 155:77-89.
- SAS Institute. 2009. *The SAS System for Windows*. Release 9.2. SAS Inst., Cary, NC.
- Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agric. Water Manage.* 17:215-231.
- Zhang, J. 2011. China's success in increasing per capita food production. *J. Exp. Bot.* 62:3707-3711.

Einfluss von Grünlanderneuerungen auf die THG-Emissionen

T. Biegemann, C. Kluß, R. Loges und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung / Abteilung Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, Kiel. E-Mail: tbiegemann@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Die Grundfutterbereitstellung von Dauergrünland stellt eine wichtige Produktionsgröße in der Milcherzeugung dar. Die zunehmende Intensivierung der Milchproduktion in Nord-West-Europa erfordert, dass Grünlandbestände hoch produktiv bewirtschaftet werden. Sind Ertragsleistungen oder Futterqualitäten abnehmend, ist, wenn alle andere Managementmaßnahmen ausscheiden, eine Grünlanderneuerung erforderlich, die mit negativen ökologischen Effekten verbunden sein kann. Unter dem Aspekt des Klimaschutzes sind hierbei vor allem der C-Abbau aus der organischen Bodensubstanz, sowie die aus der N-Mineralisation resultierenden N₂O-Emissionen relevant. So bezifferten bisherige Studien den C-Abbau ein bis zwei Jahre nach einer durchgeführten Grünlanderneuerung auf 10 bis 20 t C ha⁻¹ [1, 2] und die N₂O-Emissionen auf 2 bis 14 kg N₂O-N ha⁻¹ [3, 4]. Insbesondere regelmäßige Grünlanderneuerungen, die in intensiven Futterbauregionen schätzungsweise alle 5 bis 10 Jahre durchgeführt werden [4], könnten zu einer nachhaltigen Abnahme der Humus-C-Vorräte führen. Ziel der vorgestellten Arbeit war es, den C-Abbau und die N₂O-Emissionen nach einer Grünlanderneuerung in Norddeutschland zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die Untersuchungen zu der vorgestellten Studie wurden auf einem Dauerbeobachtungsversuch der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein durchgeführt. Die langjährige Durchschnittstemperatur beträgt in dem maritim geprägten Klima 8.9 °C bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 768 mm. Der Boden der Versuchsfläche ist ein sandiger Lehm mit 11% Ton, 29% Schluff, 60% Sand und 1.7% C_{org} im oberen Bodenhorizont (0-30 cm). Bei den untersuchten Grünlandbeständen handelt es sich um ein 1994 angelegtes Dauergrünland mit den dominierenden Bestandsbildnern Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) und Weißklee (*Trifolium repens*). Auf der Versuchsfläche wurde 2005 ein randomisierter Parzellenversuch mit dem Faktor N-Düngung (0 und 240 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ als Rindergülle) angelegt. Die Fläche unterliegt seither einer 4-Schnittnutzung. In den Jahren 2005, 2006, 2007 und 2008 wurden Grünlandparzellen im September gepflügt, gefräst und neue Bestände mit einer Drillsaat (Standardgrasmischung GIII) neu angelegt. Zusätzliche Erneuerungsmaßnahmen erfolgten im Herbst und Frühjahr der Jahre 2010, 2011 und 2012.

Die Messungen zur Bestimmung der CO₂- und N₂O-Flussraten wurden unmittelbar nach den durchgeführten Grünlanderneuerungen zwischen den Jahren 2010 und 2012 mit dem statischen Messkammerprinzip [5] für einen Zeitraum von 3 (CO₂) und 12 Monaten (N₂O) einmal wöchentlich durchgeführt. Die CO₂-Messungen wurden zwischen 9.00 und 15.00 Uhr bei einer max. Messdauer von 3 Minuten mehrmals wiederholt. Die N₂O-Messungen erfolgten einmalig um 10 Uhr für eine Dauer von 40 Minuten. Die CO₂ Konzentration innerhalb einer Messkammer wurden mit einem Infrarotgasanalysator (LI-820, Licor Inc., USA) bestimmt. Während der N₂O-

Messungen wurden drei Gasproben entnommen und später im Labor gaschromatographisch mit einem Elektroneneinfangdetektor (Model 7890a, Agilent Technology Inc., USA) untersucht. Die Flussratenberechnung erfolgte mittels linearer Regression der gemessenen Konzentrationen über die Messzeit. Die kumulierten Emissionen wurden mittels linearer Interpolation zwischen den Messtagen geschätzt. Die Bodenkohlenstoffgehalte der Versuchsfläche wurden seit 1999 einmal jährlich im oberen Bodenhorizont (0-30 cm) bestimmt. Zusätzlich wurde zwischen den Jahren 2010 und 2012 die Wurzelmasse sowie die oberirdische Biomasse zum Zeitpunkt der Grünlanderneuerungen quantifiziert. Die Analyse der C_{org} Gehalte der getrockneten Boden- und Pflanzenproben erfolgte im Labor mittels Trockenverbrennung (Vario Max CN, Elementaranalysesysteme, Deutschland). Mit den ermittelten C-Vorräten, CO_2 -Flussraten und Witterungsdaten wurde ein C-Umsatzmodell (CN-SIM) [6] kalibriert und die langfristigen Effekte auf die Bodenkohlenstoffvorräte simuliert. Der für das Modell verwendete C-Eintrag etablierter Grünlandbestände errechnete sich aus der langjährigen Entwicklung der C_{org} -Gehalte der Kontrollbestände [7].

Die statistische Auswertung erfolgte mit einem gemischten Model in der Statistiksoftware R. Nach einer Varianzanalyse (ANOVA / ANCOVA) wurden der Mittelwertvergleich der verschiedenen Versuchsfaktoren mithilfe multipler Kontrasttests durchgeführt. Die Beurteilung der Modellgüte erfolgte, auf Basis des Bestimmtheitsmaßes (R^2), dem Root Mean Square Error (RMSE) und des Model Efficiency Tests (EF).

Ergebnisse und Diskussion

Die ermittelten CO_2 -Flussraten in den Wochen nach einer durchgeführten Grünlanderneuerung zeigten eine signifikante Wechselwirkung mit der Bodentemperatur und den Bodenwassergehalten ($p < 0.05$). Die berechneten kumulierten CO_2 -Emissionen korrelierten positiv mit dem Eintrag von organischer Substanz zum Zeitpunkt des Umbruchtermins ($p < 0.05$). Durch die unterschiedlichen Umweltbedingungen im Frühjahr und Herbst sowie die hohe Variation der eingearbeiteten organischen Substanz (2 - 6 t C ha⁻¹) zum Zeitpunkt der verschiedenen Grünlandumbrüche, zeigten die erneuerten Grünlandparzellen eine im Vergleich zur Kontrolle höhere Ökosystematmung (CO_2) im Frühjahr und Herbst 2012 ($p < 0.05$). Eine einfache C-Bilanzrechnung (C-Import über oberirdische Biomasse und Wurzeln – kumulierte CO_2 -C Emissionen) zeigte, dass die Grünlanderneuerung schon nach vier Wochen zu einer negativen Humusbilanz führen kann. Dieses wurde mittelfristig durch die Inventur der Boden-C-Vorräte der in der Vergangenheit erneuerten Grünlandparzellen bestätigt. Zwei Jahre nach einer Grünlanderneuerung waren die Humusvorräte um etwa 7 t C ha⁻¹ im Oberboden (0-30) reduziert ($p < 0.05$). Die fünf Jahre alten Bestände zeigten im Vergleich zu den Referenzbeständen tendenziell Unterschiede bezüglich der chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften [1, 8], die allerdings in dieser Studie nicht statistisch abgesichert werden konnten.

Das zur weiteren Interpretation der Ergebnisse verwendete C-Umsatzmodell [6] zeigte nach der Optimierung des für den Humus-C-Umsatz verantwortlichen Parameters (k_{nom}) eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen und simulierten CO_2 -Flussraten (RMSE=0.05; $R^2=0.36$; EF=0.29) in den Wochen nach einer Grünlanderneuerung (Abb. 1). Die Dauer des daraus interpretierten erhöhten C-Umsatzes nach einem Grünlandumbruch wurde anhand der Ergebnisse der Boden-C-Untersuchungen auf ein halbes Jahr festgelegt.

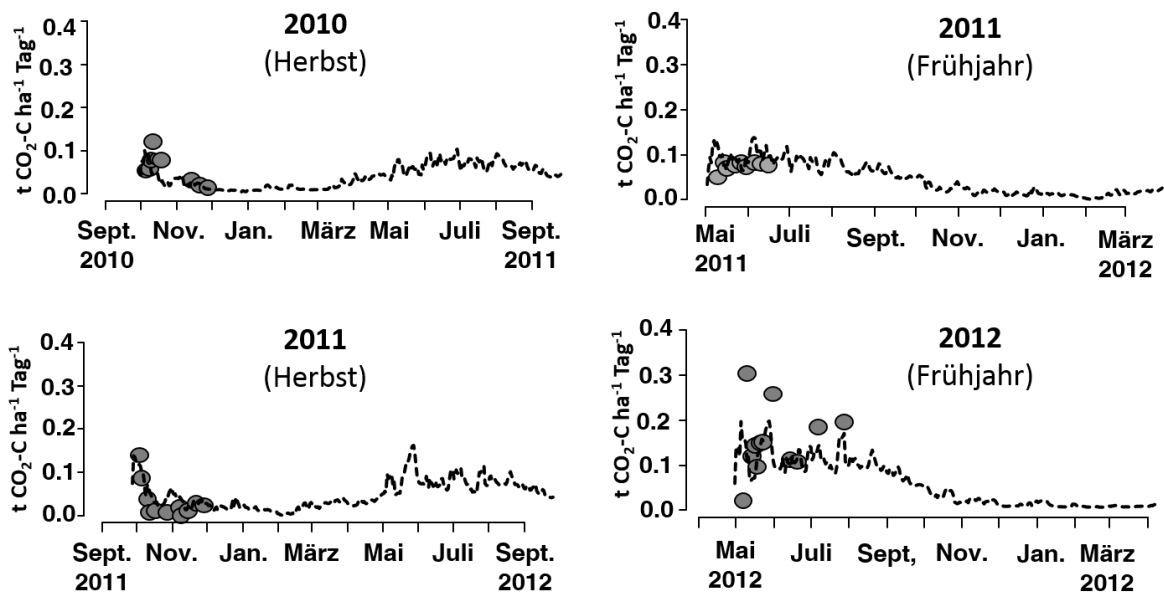


Abbildung 1: Gemessene (Punkte) und simulierte (Linie) CO₂-Flüsse (t CO₂-C ha⁻¹ Tag⁻¹) in den Wochen nach einer Grünlanderneuerung jeweils im Frühjahr und Herbst der verschiedenen Beobachtungszeiträume (2010, 2011 und 2012).

Die durch das Modell geschätzte C-Zufuhr des schnittgenutzten Grünlandes wurde mit 4 t C ha⁻¹ Jahr⁻¹ berechnet und steht in guter Übereinstimmung mit anderen Modell-Studien [9]. Unter der Bedingung einer stabilen Nutzungsintensität ergaben die durchgeführten Langzeitsimulationen, dass bei regelmäßigen Grünlanderneuerungen die C-Vorräte im Vergleich zur Kontrolle bei einem 5-jährigen Erneuerungsintervall um etwa 25 t C ha⁻¹ bzw. bei einem 10-jährigen Erneuerungsintervall um etwa 15 t C ha⁻¹ reduziert sein können (Abb. 2). In der Schlussfolgerung kann es nach einer Grünlanderneuerung zu erheblichen Humusverlusten in den ersten zwei Jahren kommen. Aufgrund einer höheren Wurzelproduktivität von neuangelegten Beständen [10], welche in der Modellsimulation durch einen höheren C-Input im ersten Produktionsjahr berücksichtigt wurde, kann es nach fünf Jahren annähernd zu einer Regeneration der Humusvorräte kommen. Allerdings liegt das C-Sequestrierungspotential von regelmäßig erneuerten Beständen unter dem von nicht erneuerten Dauergrünlandbeständen, so dass ein Gleichgewicht des Humusvorrats deutlich schneller erreicht wird. Zusätzliche THG-Kosten ergeben sich zudem durch die maßnahmenbedingten N₂O-Emissionen. In den Untersuchungsjahren 2010 bis 2012 konnten signifikant höhere N₂O-Emissionen im erste Jahr nach einer Grünlanderneuerung im Vergleich zur Kontrolle nachgewiesen werden (p<0.05). Diese N₂O-Emissionen traten vor allem in Wintern auf, in denen sich häufig Frost- und Tauereignisse abwechselten. Hierdurch bedingt zeigten sich höchste Verluste von 21 kg N₂O-N während der Wintermonate nach einer Grünlanderneuerung im Herbst. Eine Maßnahme im Frühjahr führte zu maximal 4 kg N₂O-N ha⁻¹ Jahr⁻¹. Eine Stickstoffdüngung im Ansaatjahr resultierte in zusätzlichen N₂O-Emissionen von 1,6 kg N₂O-N ha⁻¹ Jahr⁻¹ (p<0.05).

Unter Berücksichtigung des reduzierten C-Sequestrierungspotentials regelmäßig erneuerter Grünlandbestände (alle 5 Jahre) und den zu erwarteten N₂O-Emissionen würde die THG-Bilanz solcher Flächen um 1370 kg CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ Jahr⁻¹ belastet. Dies entspräche in etwa 1/3 der geschätzten C-Sequestrierungsleistung

genutzter Grünlandstandorte in Europa [11] und würden insbesondere auf Standorten mit hoher N-Düngerintensität dazu führen, dass solche Grünlandflächen zunehmend als THG-Quelle statt als Senke fungieren [11, 12].

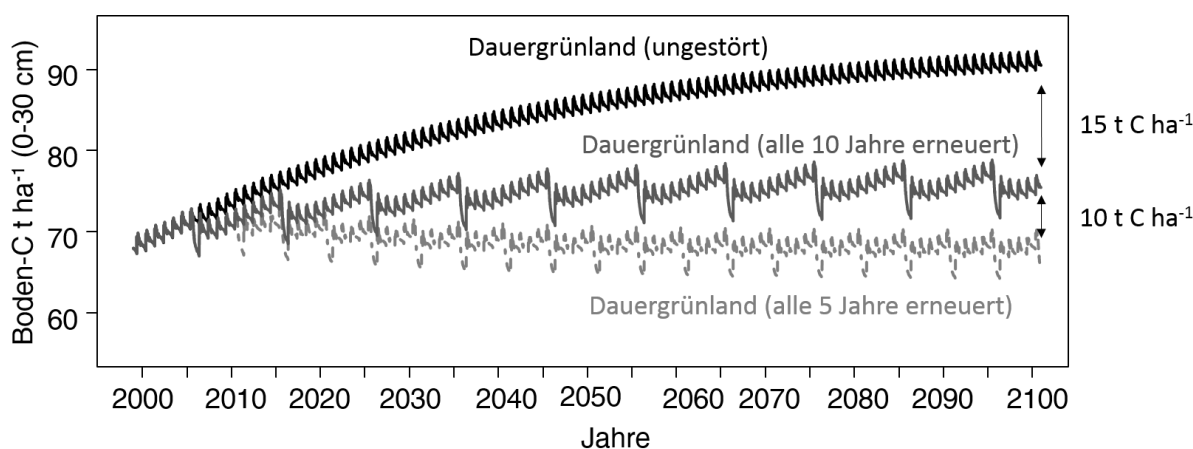


Abbildung 2: Simulation der langfristigen Entwicklung der C-Vorräte unter Dauergrünland (schwarz), alle 10 Jahre erneuertem Dauergrünland (grau) und alle 5 Jahre erneuertem Dauergrünland (hellgrau).

Literatur

1. Linsler, D., D. Geisseler, R. Loges, F. Taube, and B. Ludwig (2013) *Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate*. Soil and Tillage Research. **126** (0): p. 90-99.
2. Nécypalová, M., D. Li, G. Lanigan, I.A. Casey, W. Burchill, and J. Humphreys (2013) *Changes in soil organic carbon in a clay loam soil following ploughing and reseeded of permanent grassland under temperate moist climatic conditions*. Grass and Forage Science.
3. Nécypalová, M., I. Casey, and J. Humphreys (2013) *Effect of ploughing and reseeded of permanent grassland on soil N, N leaching and nitrous oxide emissions from a clay-loam soil*. Nutrient Cycling in Agroecosystems. **95** (3): p. 305-317.
4. Velthof, G.L., I.E. Hoving, J. Dolfin, A. Smit, P.J. Kuikman, and O. Oenema (2010) *Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands*. Nutrient Cycling in Agroecosystems. **86** (3): p. 401-412.
5. Hutchinson, G.L. and A.R. Mosier (1981) *Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes*. Soil Science Society of America Journal. **45** (2): p. 311-316.
6. Petersen, B.M., J. Berntsen, S. Hansen, and L.S. Jensen (2005) *CN-SIM—a model for the turnover of soil organic matter. I. Long-term carbon and radiocarbon development*. Soil Biology and Biochemistry. **37** (2): p. 359-374.
7. Jenkinson, D.S. and K. Coleman (1994) *Calculating the annual input of organic matter to soil from measurements of total organic carbon and radiocarbon*. European Journal of Soil Science. **45** (2): p. 167-174.
8. Murugan, R., R. Loges, F. Taube, and R.G. Joergensen (2013) *Specific response of fungal and bacterial residues to one-season tillage and repeated slurry application in a permanent grassland soil*. Applied Soil Ecology. **72** (0): p. 31-40.
9. Meersmans, J., M.P. Martin, E. Lacarce, T.G. Orton, S. De Baets, M. Gourrat, . . . D. Arrouays (2013) *Estimation of Soil Carbon Input in France: An Inverse Modelling Approach*. Pedosphere. **23** (4): p. 422-436.
10. Chen, S., Loges R., and F. Taube, *Root growth of ryegrass-white clover swards depends on sward age*, in 57. Jahrestagung der AGGF. 2012, LfL: Triesdorf GERMANY. p. 132-135.
11. Soussana, J.F., V. Allard, K. Pilegaard, P. Ambus, C. Amman, C. Campbell, . . . R. Valentini (2007) *Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites*. Agriculture, Ecosystems & Environment. **121** (1-2): p. 121-134.
12. Skiba, U., J. Drewer, Y.S. Tang, N. van Dijk, C. Helfter, E. Nemitz, . . . M.A. Sutton (2009) *Biosphere-atmosphere exchange of reactive nitrogen and greenhouse gases at the NitroEurope core flux measurement sites: Measurement strategy and first data sets*. Agriculture, Ecosystems & Environment. **133** (3-4): p. 139-149.

Precision Agriculture – Bedeutung für einen umweltgerechten Pflanzenbau

Jörg Pößneck

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie/Abteilung Landwirtschaft, Nossen;
E-Mail: Joerg.Poessneck@smul.sachsen.de

Einleitung

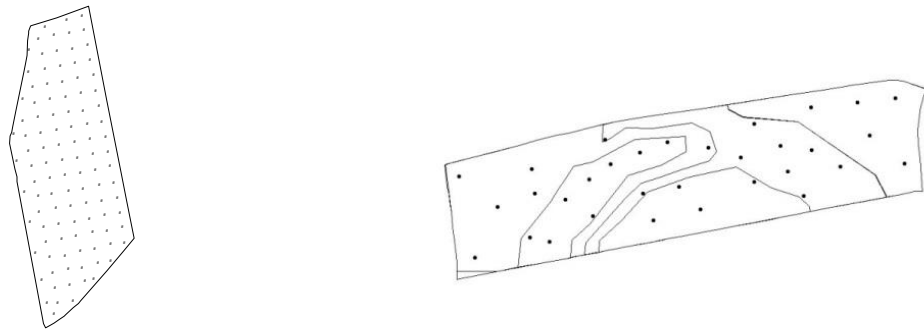
Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) nimmt u. a. Aufgaben im Rahmen der Förderung von Agrar- und Umweltmaßnahmen, der Anwendungsforschung und der beruflichen Aus- und Weiterbildung wahr. Der umweltschonende Pflanzenbau wird im Lehr- und Versuchsgut (LVG) des LfULG dem Berufsstand demonstriert. Für den umweltschonenden Pflanzenbau bietet „Precision Agriculture“ geeignete Messverfahren zur Feststellung von differenziert zu bewirtschaftenden Schlagzonen und Ableitung GPS-gestützter Applikationskarten für die auf dem Feld mitgeführte Ausbringetechnik, wie dies nachfolgend dargestellt wird. Vordringliche „Precision Agriculture“-Aufgabenstellungen des LfULG sind das Aufzeigen von Lösungen für einen effizienteren Einsatz von stickstoff- und phosphorhaltigen Düngemitteln, speziell von Dung, Kompost, Flüssigmist und Gärrest aus der Biogasanlage, bei einer Minimierung der mit Landmaschinen befahrenen Feldfläche.

Material und Methoden

Die vorgestellten Schlagzonen basieren auf GPS-gestützten Messungen. Zur Anwendung kamen geophysikalische Messgeräte, wie das „EM38“ und der „Geophilus electricus“. Diese Messungen wurden u. a.

- vom Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam,
- dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig,
- der AgriCon GmbH¹ und
- der Geophilus GbR³

durchgeführt. Desweiteren wurden Messwerte landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte genutzt, wie der Biomasseindexwert (BI) vom „N-Sensor[®] ALS“¹ und Ertragsmessungen auf Erntemaschinen. Der Biomasseindexwert wird aus spektroskopischen Messungen des Pflanzenbestandes mit dem „N-Sensor[®] ALS“ hergeleitet. Die GPS-gestützte Bodenbeprobung folgte unterschiedlichen Beprobungsmustern. In der Abb. 1 werden beispieiführend links 107 Bodenprobenahmepunkte mit relativ gleichmäßiger Verteilung der Punkte über den Schlag gezeigt. Pro Hektar gab es vier Beprobungspunkte. Diese Verteilung der Probenahmepunkte resultierte aus dem anfänglichen Informationsstand zu Schlagzonen. Realisiert sind auch Probenahmemuster, die sich an bekannten Schlagzonen orientieren, wie es GRABO u. a. (2007) mit ihren methodischen Arbeiten zur GPS-gestützten Bodenprobenahme beschrieben. Auf der rechten Seite der Abb. 1 werden dazu 32 Beprobungspunkte für eine Fläche mit 38 ha gezeigt. In beiden Fällen wurden die Bodenbeprobungspunkte vor der ersten GPS-gestützten Bodenprobenahme mit einem Geografischen Informationssystem geplant. Ein Beprobungspunkt repräsentiert unter praktischen Bedingungen eine Mischprobe aus ca. 20 Einstichen, entlang einer Probenahmespur.



gleichmäßige Verteilung der
Bodenbeprobungspunkte

Orientierung der Bodenbeprobungs-
punkte an den Schlagzonen

Abb. 1: Karten mit unterschiedlichen Bodenbeprobungsmustern

Die Prüfung des effizienteren Einsatzes von stickstoff- und phosphorhaltigen Düngemitteln erfolgte im LVG mit Langparzellen. Die Langparzellenmethode wurde von RÜTHER (1952) als „überholt“ beschrieben. Der Autor ließ aber hinsichtlich dieser Versuchsmethode Ausnahmen zu, wenn sich der Versuch technisch anders schwierig realisieren lässt. Bei der Anlage von Versuchen mit einfachen Fragestellungen und mit Großtechnik hat sich im LVG die Langparzellenmethode bewährt. Die aus den Langparzellenversuchen mit organischen Stoffen abgeleitete Bewirtschaftung von Schlagzonen hat Demonstrationscharakter.

Die Messergebnisse wurden mit den Koordinaten des Punktes der Merkmalerhebung verknüpft, anschließend klassifiziert und kartiert. Für die Einteilung in fünf Klassen wurde die geostatistische Methode der „Natürlichen Unterbrechungen“ angewendet. Die bei der Klassifizierung und Kartierung verwendeten fünf Klassen, die Farben sowie deren Bedeutung sind in der Tabelle 1 beschrieben.

Tab. 1: Fünf Klassen und deren Bedeutung

| Klasse | Farbe | | Bedeutung |
|--------|----------|--|--------------|
| E | rot | | sehr hoch |
| D | gelb | | hoch |
| C | grün | | mittel |
| B | hellblau | | niedrig |
| A | blau | | sehr niedrig |

Die Messdatensätze waren aufgrund der verschiedenen Messtakte und Arbeitsbreiten unterschiedlich umfangreich. Deshalb wurden die Messdatensätze auf ein 9 m-Raster des Schlates interpoliert. Für die technische Umsetzung der Applikationen von organischen Stoffen wurden

- tragbare Computer mit Navigationssystem und Agrarsoftware zur Visualisierung von Punkten und Polygonen (Standort und Schlagzone) bei manueller Terminalbedienung oder Nutzung der Terminalschnittstelle des Applikationsgerätes und

- ISOBUS-fähige Terminals zur automatisierten Abarbeitung von punkt- und polygonbasierten Applikationsaufträgen, mit Schnittstelle zum Autopilotensystem des Traktors

verwendet. Im LVG sind die Traktoren mit Autopilotensystemen¹ ausgerüstet, die das zentimeter-genaue Fahren erlauben.

Ergebnisse und Diskussion

GPS-gestützte Versuchsanstellung mit organischen Feststoffen

Im Jahr 2013 wurde auf dem folgend zur Diskussion gestellten Schlag Winterweizen geerntet. Es folgte Wintergerste. Die Abb. 2 zeigt ausgesuchte Kartierungen von interpolierten Messdaten (ohne und mit Versuchsanlage) und das Ergebnis der Flächengliederung in drei Schlagzonen.

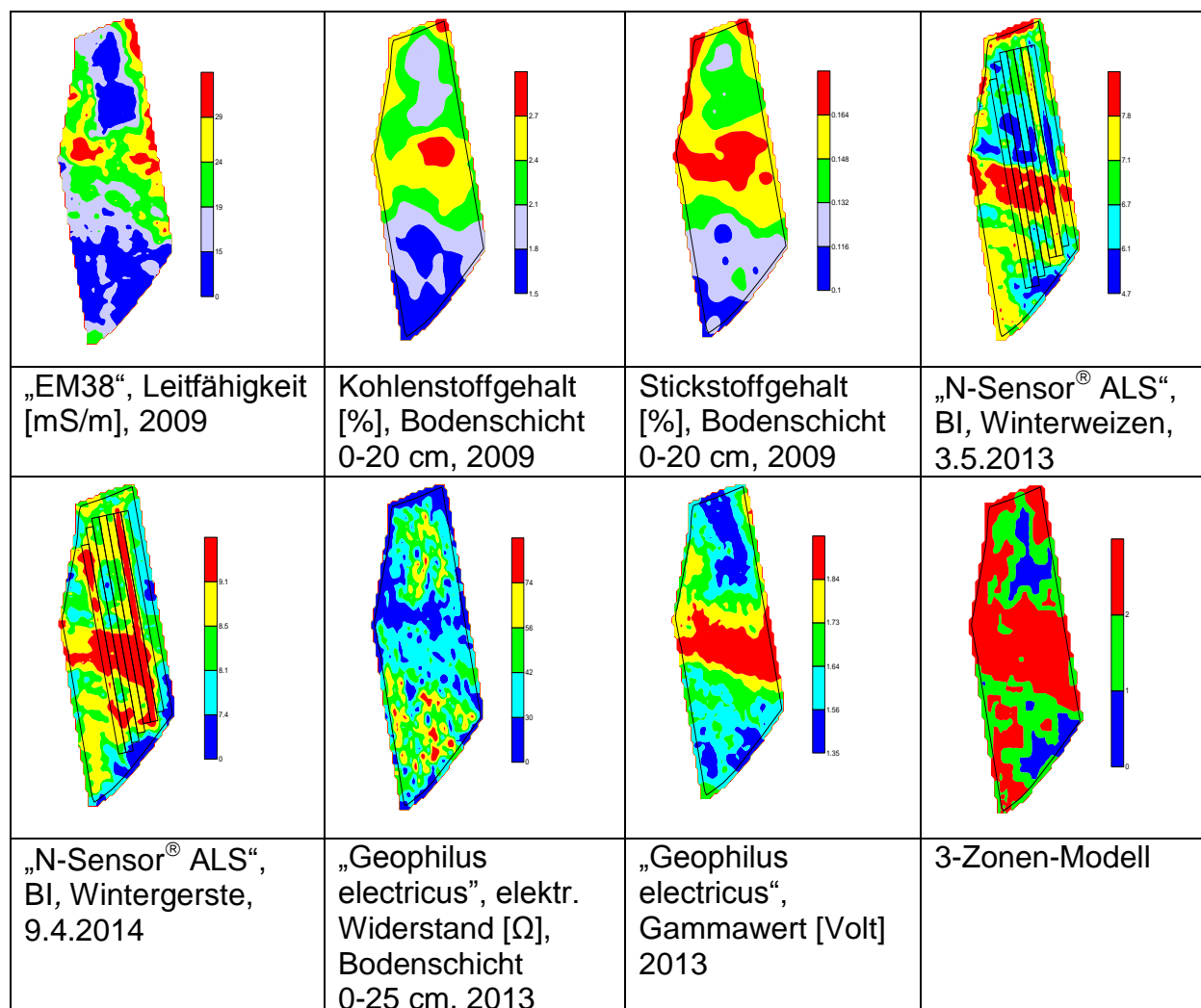


Abb. 2: Auswahl thematischer Karten eines Schlages im LVG

Der am 3.5.2013 mit dem „N-Sensor[®] ALS“ gemessene BI korrelierte auffallend mit den Messwerten des „EM38“ (siehe Tab. 2). Zum Zeitpunkt der dritten Stickstoffgabe

bestanden enge Korrelationen des BI zum Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt der oberen Bodenschicht. Der Kornertrag des Winterweizens stand ebenfalls mit den „EM38“-Messwerten in enger Beziehung. Mit Messwerten des „Geophilus electricus“ waren diese Beziehungen teilweise übereinstimmend nachvollziehbar.

Tab. 2: Korrelationsmatrix eines Schlages im LVG

| Nr. | Prüfmerkmal | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|---|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1 | „EM38“, Leitfähigkeit, 2009 | 0,96 | 0,59 | 0,61 | 0,27 | 0,62 | -0,50 | -0,49 |
| 2 | Kohlenstoffgehalt, Bodenschicht 0-20 cm, 2009 | | 0,96 | 0,12 | 0,61 | 0,27 | 0,62 | -0,50 |
| 3 | Stickstoffgehalt, Bodenschicht 0-20 cm, 2009 | | | 0,14 | 0,62 | 0,26 | 0,65 | -0,49 |
| 4 | „N-Sensor® ALS“, BI, Winterweizen, 3.5.2013 | | | | 0,43 | 0,01 | 0,39 | -0,15 |
| 5 | „N-Sensor® ALS“, BI Winterweizen, 16.6.2013 | | | | | 0,38 | 0,57 | -0,34 |
| 6 | Winterweizen Kornertrag, 16.8.2013 | | | | | | 0,31 | 0,15 |
| 7 | „Geophilus electricus“, Gammawert | | | | | | | -0,36 |
| 8 | „Geophilus electricus“, elektr. Widerstand Bodenschicht 0-25 cm | | | | | | | |

Bei der BI-Messung am 3.5.2014 hatte eine Langparzelle auf allen Schlagzonen auffällig hohe BI (siehe Abb. 2 zweite Langparzelle von rechts nach links und Abb. 3 das Prüfglied A3). Dies wiederholte sich auch am 9.4.2014 bei der Wintergerste. Ursache dafür war die Ausbringung von kompostiertem Dung vor der Weizensaat, ergänzt durch die Applikation eines Bodenhilfsstoffs kurz nach Vegetationsbeginn 2013. Die alleinige Applikation von kompostiertem Dung, in der Abb. 3 das Prüfglied A1, oder des Bodenhilfsstoffs, in Abb. 3 das Prüfglied A2, bewirkte keine auffälligen BI-Werte im Wintergetreide.

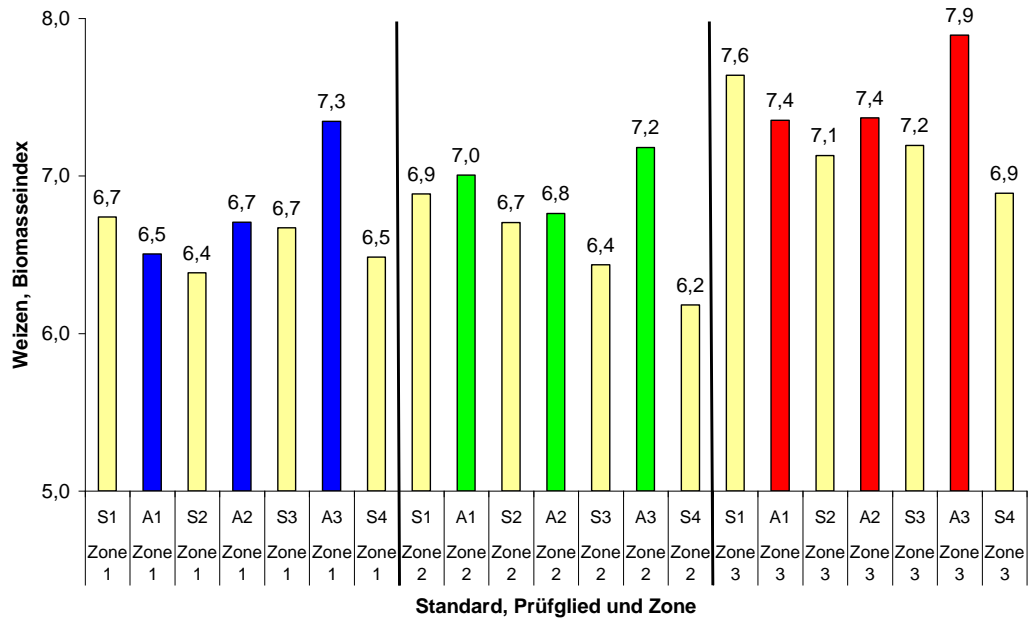


Abb. 3: Biomasseindexwerte in Abhängigkeit von der Schlagzone eines Schrages im LVG

Dieser herausragende BI-Wert des Prüfglieds A3 beim Winterweizen wirkte bis zur Weizenernte auf zwei Schlagzonen nach. Die varianzanalytische Auswertung der Weizenerträge wies für die Prüfglieder (A) zu erwartende signifikante Unterschiede aus, aber nicht für die Standards (S). Wie die Abb. 4 zeigt, war das Prüfglied A3 bei einer Grenzdifferenz ($\alpha=0,05$) von 2,5 dt/ha auf zwei Schlagzonen (blau und grün) erfolgreich. In der Schlagzone mit dem bodenbedingt hohen Ertragspotenzial (rot) hob sich die Variante A3 nicht signifikant ab.

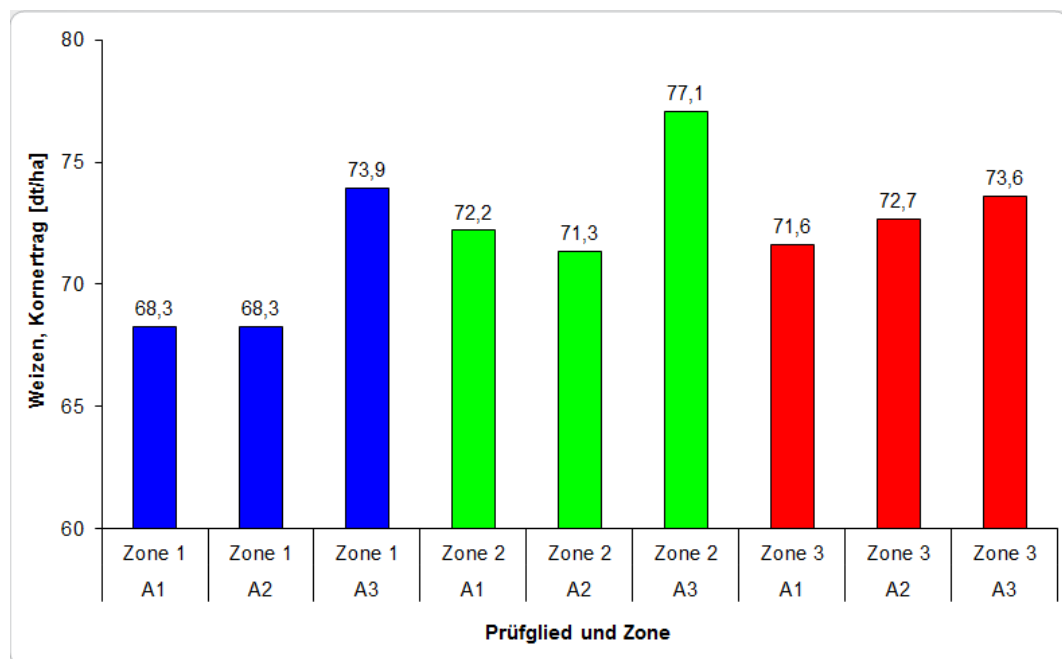


Abb. 4: Weizenertrag in Abhängigkeit von der Schlagzone eines Schrages im LVG

„Precision Agriculture“-Demonstration zur schlagzonenbezogenen organischen Düngung

Aus der Versuchsanstellung mit organischen Feststoffen resultierte, dass diese in Schlagzonen mit hohem Potenzial einen geringen Ertragsvorteil erwarten lassen. Die Abb. 5 zeigt links unten die Applikationskarte für die schlagzonenbezogene Ausbringung von kompostiertem Dung, aber nur auf der rechten Schlagseite. Hier fielen die Messwerte des „Geophilus electricus“ hoch bzw. die „EM38“-Messwerte gering aus. Es steht tiefgründig sandiger Boden an. Hier ist die Wasserhaltefähigkeit des Bodens und damit die Nährstoffausnutzung verbesserungswürdig.

Die rechte Seite der Abb. 5 zeigt unten die Applikationskarte für flüssige organische Dünger. Auf den Schlagteilen mit sandigerem Boden wird weniger Flüssigmist oder Gärrückstand aus Biogasanlagen ausgebracht, weil hier das Stickstoff- und Phosphorverlustpotenzial höher zu bewerten ist und bodenbedingt das Ertragspotenzial geringer ausfällt. Die Karte der „EM38“-Messwerte entspricht dem Bild der langjährigen Ertragskartierung. Wegen der hohen Übereinstimmung mit den Erfahrungen vor Ort kann die Funktionalität der Applikationskarte für flüssige organische Dünger auch im Rahmen der schlagzonenbezogenen Bodenbearbeitung, Saat, mineralischen Stickstoffdüngung, Fungizidapplikation oder Beregnung verwendet werden.

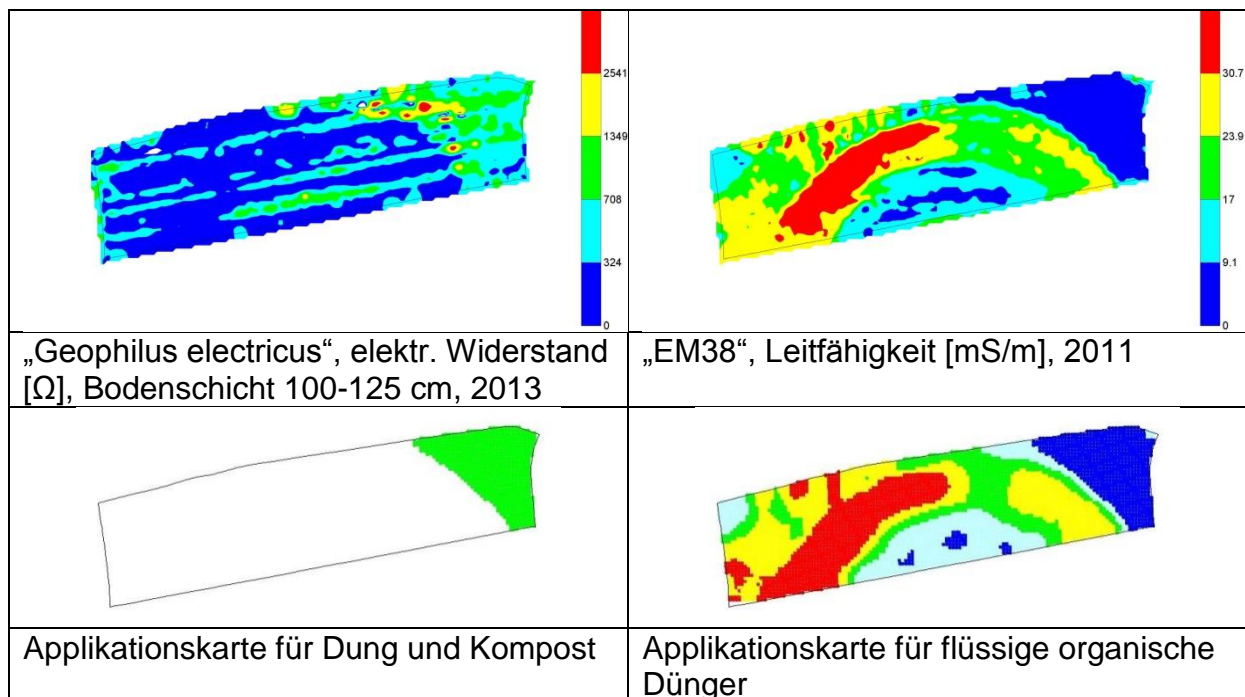


Abb. 5: Schlagzonenbezogene Applikation von organischen Düngern im LVG

Die Applikation von Flüssigmist und Gärrückstand wurde im Rahmen der ersten Stickstoffgabe zu Wintergetreide mit einem „Annaburger Gülletankanhänger HTS 20K28-15m³“² und einem Schleppschlauchverteiler mit sechs Meter Arbeitsbreite realisiert. Die Regulierung der Applikationsmenge erfolgte über das ISOBUS-Terminal von „WTK“⁴.

Zusammenfassung

GPS-gestützte geophysikalische Messungen, Bodenbeprobungen und Messungen landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte sind eine mögliche Grundlage für die pflanzenbaulich begründete Gliederung von Schlägen in differenziert zu bewirtschaftende Zonen. Bei einfachen Versuchsfragestellungen kann mit GPS-gestützter Feldtechnik und geeigneten Versuchsanlagen der Erfolg der schlagzonenbezogenen Bewirtschaftung geprüft werden, um daraus betriebsbezogene, effiziente und umweltschonende Bewirtschaftungsstrategien für den Betriebsmitteleinsatz abzuleiten.

Literatur

Grabo, Arnim und Pößneck, Jörg:

Präzisere Bedarfsermittlung. GPS-gestützte Grundbodenuntersuchung ist dem konventionellem Verfahren überlegen., Neue Landwirtschaft, Heft 8, Jahrgang 2007, Seite 44-47

Rüther, Hans:

Die Feldversuchstechnik. Eine Zusammenfassung von praktischen Erfahrungen., Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1. Auflage, 1952

Internet

¹ <http://www.agricon.de/>

² <http://www.annaburger.de/>

³ <http://www.geophilus.de/>

⁴ <http://www.wtk-elektronik.de/>

Precision Farming – Technische Lösungen am Beispiel der Bestandesetablierung

Hans W. Griepentrog

Institut für Agrartechnik/Universität Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: hw.griepentrog@uni-hohenheim.de

Einleitung

Precision Farming (PF) hat in vielen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion grundlegend neue Verfahren bereitgestellt. Die Grundideen von PF waren zum Teil altbekannt, aber erst mit der Verfügbarkeit des Global-Positioning-System (GPS) konnten neue Verfahren mit moderner Elektronik technisch realisiert werden. PF hat es ermöglicht, Produktionsbedingungen besser zu beschreiben und zu analysieren und mit ausgewählten Maßnahmen angepasst auf diese reagieren zu können. Herausragend neu war, dass PF neben Erfolgen in der generellen Automatisierung, zuverlässige Informationen - sogar in Echtzeit - über die heterogenen Produktionsprozesse liefern konnte und präzise variable Applikationstechniken bereitstellte. PF hat diese Techniken in die Lage versetzt, die hohe Arbeitsqualität gegen Störungen unempfindlicher zu gestalten und die Bestandesunterschiede kleinräumiger anzusprechen.

Der Landwirt wird auch in Zukunft Teil des Systems bleiben. Die Technik muss sich ihm und seinem Produktionsprozess und -standort anpassen, um sowohl Effizienzsteigerungen beim Betriebsmitteleinsatz als auch Fortschritte bei den Arbeitskosten, der Umweltschonung und der Produktqualität zu erreichen. Neue und innovative Sensortechniken werden ihn dabei unterstützen und bestehende Verfahren zukünftig verbessern, aber auch neue Verfahren ermöglichen (Griepentrog 2012).

Exemplarisch soll hier die Beschreibung einer optimierten Bestandesetablierung angeführt werden, die wesentlich zur Effizienzsteigerung im Pflanzenbau beitragen kann. Passive und aktive Steuerungen der Säaggregate in Kombination mit GNSS-Systemen können abgelegtes Saatgut kartieren als auch in bestimmten gleichmäßigen räumlichen Mustern platzieren (Griepentrog et al. 2005a, Griepentrog et al. 2005b). Eine Analyse der Qualität der Flächenverteilung als auch Methoden zur Beschreibung der Reaktion von verschiedenen Kulturpflanzen auf unterschiedliche Raumangebote werden in dieser Untersuchung zusammenfassend dargestellt.

Ziel einer Bestelltechnik ist, den Kulturpflanzen eine optimale Nutzung der vorhandenen Ressourcen zu ermöglichen. Gegenwärtige, nicht optimale räumliche Verteilungen begrenzen die Pflanzenentwicklung, weil Ressourcen pflanzenindividuell nicht gleich verfügbar sind, intra-spezifische Konkurrenz früh einsetzt und die Unterdrückung von Unkräutern begrenzt ist (Weiner et al. 2001). Der Grad der räumlichen Gleichmäßigkeit wird bestimmt von der Größe der Reihenweite und der Gleichmäßigkeit der Abstände in der Reihe (Längsverteilung). Die Pflanzendichte beeinflusst die Flächenverteilung nur, wenn die Reihenweite konstant bleibt – was Stand der Technik ist - und die Pflanzen in der Reihe enger oder weiter stehen.

Sämaschinen legen Körner in unterschiedlicher Gleichmäßigkeit in der Reihe ab, wenn ihre Zuteilungs- und Einbettungssysteme variieren (Griepentrog 1991, Griepentrog 1992). Drillmaschinen mit Volumendosierung (Getreide) bewirken eine Exponentialverteilung der Pflanzenabstände ($VK = 1,0$) mit größten Häufigkeiten bei den kurzen Abständen. Wenn Zuteilungssysteme schlecht an das Saatgut angepasst sind (wie manchmal bei Raps), tritt durchaus eine noch geringere Gleichmäßigkeit

als die Exponentialverteilung auf ($VK=1.2 \dots 1.5$). Gründe hierfür sind eine schlecht an niedrige Aussaatmengen angepasste Säradgestaltung (unter 1 kg/ha) und mechanische Störungen infolge von Beizmittelabrieb (Griepentrog 1995).

Einzelkornsätechniken mit sehr viel gleichmäßigerer Arbeitsweise werden bisher für Reihenkulturen wie Rüben und Mais mit Aussaatmengen von unter 20 Körner/m² genutzt. Die größten Häufigkeiten der Abstände stellen sich hier bei dem Mittelwert oder bei dem Vielfachen des Mittelwertes ein. Sehr typisch für solche Verteilungen ist ihre Mehrgipfeligkeit, die durch Doppel- und Fehlstellen verursacht wird (Griepentrog 1992).

Bisher war die Einzelkorntechnik für Getreide mit beispielsweise 200 bis 400 Körner/m² zu aufwendig und damit zu teuer. Verschiedene Hersteller haben allerdings kürzlich neue Verfahren entwickelt, die sogar Einzelkorntechniken für die Getreideaussaat erlauben. Wie gleichmäßig diese arbeiten, ist bisher nicht bekannt.

Es gibt zahlreiche Untersuchungen zur Längsverteilung von Sämaschinen. Dabei wird unterstellt, dass eine gleichmäßige Verteilung in der Reihe eine Bestandesetablierung und -entwicklung fördert. Ein sinnvollerer zweidimensionaler methodischer Ansatz, der die Reihenweite mit einbezieht, wurde hierbei nur selten gewählt (Heege 1970, Griepentrog 1999).

Generell unterscheidet man zwischen drei Kategorien der Gleichmäßigkeit von Flächenmustern: Gleichmäßig, zufällig und aggregiert. Um den Grad der Gleichmäßigkeit zu bestimmen ist es sinnvoll, einen Parameter mit kontinuierlicher Skala zu nutzen, der unabhängig vom Säverfahren angewandt werden kann. Ein anerkannter Parameter zur Bewertung von Flächenverteilungen ist der Morisita-Index (Morisita 1962, Cressie 1991).

Der Morisita-Index basiert auf zufälligen oder regelmäßigen diskreten Zählresultaten pro Flächeneinheit und ist anderen statistischen Parametern ähnlich, die aus Varianz-Mittelwert-Verhältnissen berechnet werden und unabhängig von Flächenskalierungen und Ereignisdichten sind (Dale et al. 2002).

Der Index wird in dieser Untersuchung genutzt, um den Einfluss der Reihenweite und der Längsverteilung auf die Gleichmäßigkeit von Flächenverteilungen zu untersuchen und zu quantifizieren. Die Ergebnisse basieren auf Feldversuchen und Computersimulationen. Ziel der Untersuchung ist es, Informationen zu liefern, um Säverfahren und Maschineneinstellungen zu wählen, die die Flächenverteilungen und damit die Wachstumsbedingungen von Kulturpflanzen verbessern.

Material und Methoden

Feldversuche

In Feldversuchen wurde der Effekt der Flächenverteilung (Standardreihen, Breit- und Gleichstandsart) auf Ertrag und Unkrautunterdrückung untersucht. Individuelle Keimlinge wurden kartiert, indem ihre Positionen auf digitalen Fotografien referenziert wurden. Georeferenzierte Pflanzen bildeten die Datengrundlage für die computerbasierten Musteranalysen.

Computergenerierte Punktmuster

Ein theoretisches Modell ist nötig, um den Einfluss der Hauptparameter Reihenweite und Längsverteilung auf die Flächenverteilung zu bestimmen. Gewählt wurde die Standflächenstreckung (SS) - Reihenweite dividiert durch den mittleren Abstand in der Reihe - und der Variationskoeffizient (VK) als Maß der Gleichmäßigkeit der Pflanzenabstände als unabhängige Variablen. Die standardisierte Standflächenstreckung ermöglicht die Unabhängigkeit der Untersuchung von der Bestandesdichte.

Datensätze mit x-y-Koordinaten der unterschiedlichen Flächenmuster wurden genutzt für die Computersimulationen mit der MatLab-Software zur Berechnung der Morisita-Index-Werte.

Musteranalyse

Es wurden 91 realistische Flächenmuster mit Standflächenstreckung in 0,5-Schritten von $SS = 0,0 \dots 6,0$ und Längsverteilungen in 0,25-Schritten von $VK = 0,0 \dots 1,5$ analysiert. Für jedes Muster wurde ein Morisita-Index berechnet (Griepentrog et al. 2009).

Der Morisita-Index I ist wie folgt definiert (Morisita 1962):

$$I = Q \frac{\sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Q = gesamte Anzahl Quadrate in der Erhebungsfläche

n_i = Anzahl Pflanzen im Quadrat i

N = gesamte Anzahl Pflanzen in den Quadraten

Die Werteskala des Index variiert von 0 (gleichmäßig) über 1 (zufällig) bis Q (die größte Ungleichheit, wenn alle Punkte in einem Quadrat erscheinen würden). Die größte Aussagekraft besitzt der Index mit kleinen Zellengrößen relativ zu den zu beschreibenden Flächenmustern. Aus den Indexwerten wurden mit der SURFER-Software Konturkarten erzeugt.

Ergebnisse und Diskussion

In dem untersuchten Bereich variiert der Morisita-Index deutlich (Abbildung 1). Die geringste Gleichmäßigkeit der Flächenverteilung mit Werten $I > 3$ ergibt sich bei $SS = 6,0$ und $VK = 1,5$. Eine ideale Verteilung mit der größten Gleichmäßigkeit $I = 0,0$ wird erreicht mit einer $SS = 1,0$ (Reihenweite und mittlerer Abstand sind gleich) und einem $VK = 0$ (Abstände äußerst gleichmäßig).

Konturlinien mit dem Wert $I = 1,0$ stellen zufällige Flächenmuster mit identischer 2-dimensionaler Gleichmäßigkeit dar. Diese Muster ergeben sich bei einer $SS = 0,0$ und $VK = 1,0$ (Breitsaat) bis hin zu einem $SS = 4,6$ und $VK = 0,0$ (präzise Längsverteilung mit großer Reihenweite).

In der Abbildung 1 sind vier typische Sämuster aktueller Kulturpflanzen eingetragen. Getreide wird in Reihen mit Drilltechnik ausgebracht, die in der Reihe zufällig verteilt sind ($VK = 1,0$) und eine Standflächenstreckung von $SS = 5,8$ aufweisen (12 cm Reihe und 400 Pflanzen/m²). Dies ergibt eine Flächengüte von $I = 2,0$, das heißt, dies stellt eine deutlich schlechtere Verteilung als die zufällige Breitsaat mit $I = 1,0$ dar. Um eine signifikant bessere Flächenverteilung zu erreichen, müsste entweder die Reihenweite verringert oder die Längsverteilung verbessert werden.

Raps wird wie Getreide mit der Drilltechnik ausgebracht, erreicht aber aufgrund der wesentlich geringeren Aussaatstärke eine Flächenstreckung von $SS = 1,4$, aber eine Flächengüte von $I = 1,05$. Um die Flächengüte zu erhöhen, kommt nur die Verbesserung der Längsverteilung in Frage, das heißt, nur eine Einzelkornsaat mit $VK = 0,5$ ist geeignet, um die Güte auf $I = 0,6$ zu verbessern.

Obwohl Mais mit Einzelkorntechnik ausgebracht wird, erreicht die Verteilungsgüte aufgrund der ungünstigen Flächenstreckung $SS = 5,6$ (Reihenweite 75 cm und 10 Pflanzen/m²) nur einen Wert von $I = 1,4$. Die Verteilungsgüte ist zwar besser als bei

Getreide, aber immer noch deutlich schlechter als eine zufällige Verteilung ($I = 1,0$). Eine mögliche Verbesserung stellt die Verringerung der Reihenweite dar, hierdurch kann die Flächengüte deutlich verbessert werden. Beispielsweise mit einer Streckung von $SS = 1,0$ (Reihenweite 32 cm) ergäbe sich eine Güte von $I = 0,6$ oder mit einer $SS = 2,5$ (Reihenweite 50 cm) ergäbe sich eine Güte von $I = 0,8$. In beiden Fällen ist dies eine deutliche Verbesserung, was wissenschaftliche Untersuchungen als auch die Praxis bekanntlich bestätigen (Morente et al. 2013, Reckleben 2011). Zuckerrüben werden mit ähnlichen Dichten wie Mais und mit Einzelkorntechnik ausgebracht, erreichen aber aufgrund der geringeren Reihenweite (50 cm) Flächengüten von $I = 0,8$. Rüben sind somit die Kultur mit dem geringsten Unterschied zur idealen Flächenverteilung. Potenzial besteht aber noch geringfügig in der Nutzung besserer Einzelkorntechnik als auch in der Standflächenstreckung über eine Verringerung der Reihenweite.

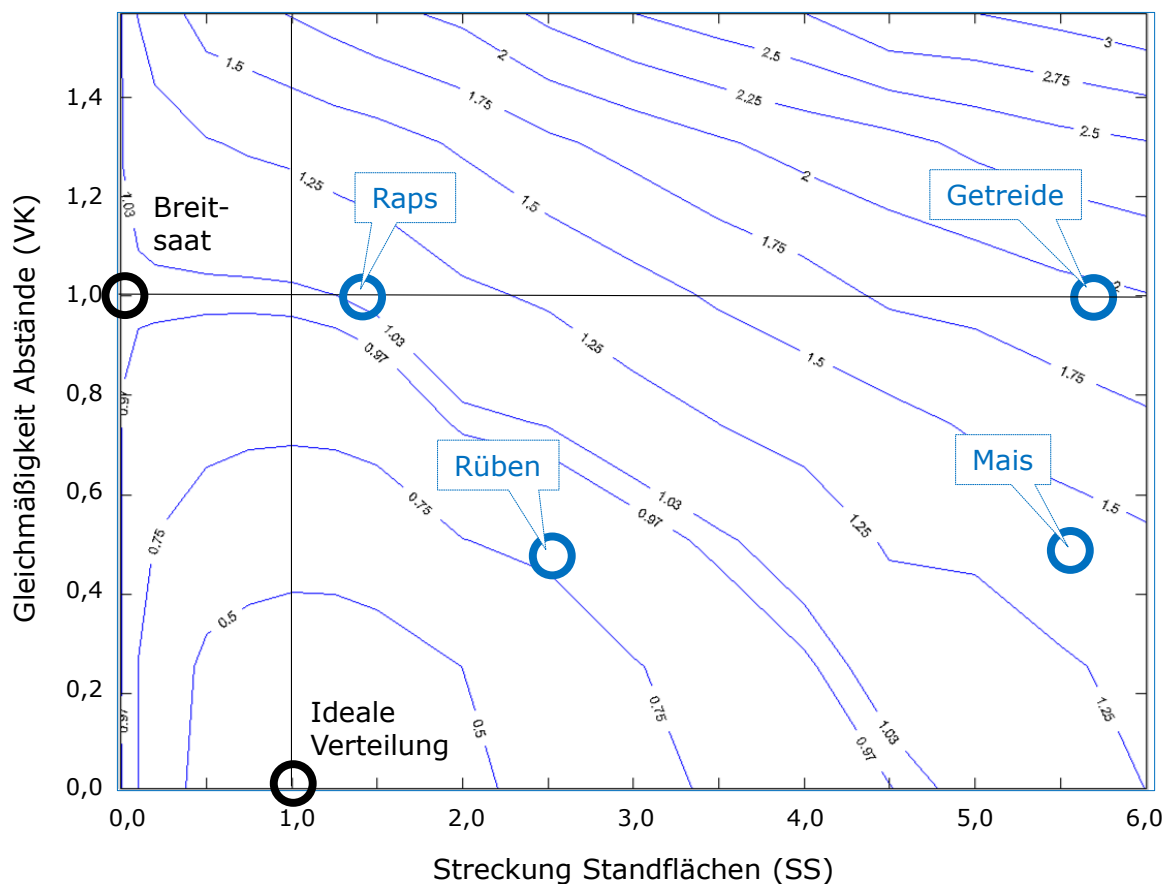


Abb. 1. Gleichmäßigkeit der Standflächenverteilung von Saatgut oder Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Standflächenstreckung (SS) und der Gleichmäßigkeit der Längsverteilung (VK).

Die präsentierten Ergebnisse analysieren rein geometrisch die Flächengüte von Kulturpflanzen und geben Hinweise für Verbesserungen. Wie stark jedoch die unterschiedlichen Kulturpflanzenarten auf unterschiedliche Raumangebote reagieren bleibt zu untersuchen und ist abhängig von deren sogenannter Plastizität als auch abhängig von den Umweltbedingungen des jeweiligen Standortes (Andrade & Abbate 2005, Griepentrog et al. 2011). Erste Untersuchungen am Beispiel von Raps beschreiben identifizierte Parameter, die die Reaktion der Pflanzen beeinflussen (Griepentrog et al. 2011): Dies sind die Standflächengröße (absolute Flächengröße),

die Standflächenstreckung (kompakte oder sehr schlanke Flächen bieten sehr unterschiedliche Bedingungen) und die Exzentrizität (die Pflanze befindet sich mittig oder am Rand innerhalb der Standfläche). Die Ergebnisse für Raps zeigen, dass sich obwohl Raps ein gutes Kompensationsvermögen hat, Unterschiede im Ertrag für variierende Standflächenbedingungen ergeben.

Fazit

Der Morisita-Index eignet sich, um den Einfluss der Reihenweite und der Längsverteilung auf die Gleichmäßigkeit der Flächenverteilung von Kulturpflanzen zu quantifizieren. Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, welche Kombination von Reihenweite und Längsverteilung zu einer Verbesserung der Wachstumsbedingungen bei Kulturpflanzen führen.

Literatur

- Andrade F.H., Abbate P.E. (2005): Response of Maize and Soybean to Variability in Stand Uniformity. *Agronomy Journal* 97(4) p.1263-1269
- Cressie N.A.C. (1991): *Statistics of spatial data*. 1st edition. John Wiley & Sons, London, UK
- Dale M.R.T., Dixon P., Fortin M.J., Legendre P., Myers D.E., Rosenberg M.S. (2002): Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography* 25(5) p.558-577
- Griepentrog H.W. (1991): Zur Bewertung von Längsverteilungen bei Drillmaschinen. *Landtechnik* 46 (11) p.550-551
- Griepentrog H.W. (1992): Bewertung von Längsverteilungen bei Einzelkornsämaschinen. *Landtechnik* 47(3) p.123-125
- Griepentrog H.W. (1995): Längsverteilung von Sämaschinen und ihre Wirkung auf Standfläche und Ertrag bei Raps. *Agrartechnische Forschung* 1(2) p.129-136
- Griepentrog H.W., Noerremark M., Nielsen H., Blackmore B.S. (2005): Seed mapping of sugar beet. *Precision Agriculture* 6(2) p.157-165
- Griepentrog, H.W., Skou P.T., Soriano J.F. (2005): Design of a seeder to achieve highly uniform sowing patterns. In: 5th European Conference on Precision Agriculture (ECPA) - Precision Agriculture, 2005, Uppsala, Sweden, p.675-682
- Griepentrog H.W., Olsen J.M., Weiner J. (2009): The Influence of Row Width and Seed Spacing on Uniformity of Plant Spatial Distributions. In: 67th International Conference on Agricultural Engineering (Land-Technik AgEng2009), Hanover, Germany, p.265-270, VDI-Berichte Nr. 2060
- Griepentrog H.W., Nielsen J., Olsen J.M., Weiner J. (2011): Simulating the influence of crop spatial pattern on canola yield. In: 8th European Conference on Precision Agriculture (ECPA) - Precision Agriculture, 11.7.2011, Prague, p.180-190
- Griepentrog H.W. (2012): Zukünftige Entwicklungen im Precision Farming. *LandInfo*(5) p.11-14
- Heege H.J. (1970): Die Kornverteilung über die Bodenfläche bei der Drill- oder Breitsaat des Getreides. *Grundlagen der Landtechnik* 20(2) p.45-46
- Morente A.B., Barreiro Elorza P., Hernandez Diaz-Ambrona C.G., Dias Da Costa G., Griepentrog H.W. (2013): Even-sowing pattern strategies for a low-input organic system in forage maize. *Agricultural Engineering International - The CIGR Ejournal* 15(4)
- Morisita M. (1962): I-Index - a measure of dispersion of individuals. *Researches on Population Ecology* 4(1) p.1-7
- Reckleben Y. (2011): Maisanbau - welcher Reihenabstand ist der Richtige? *Landtechnik* 66(5) p.370-372
- Weiner J., Griepentrog H.W., Kristensen L. (2001): Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38 p.784-790

Controlled Traffic Farming – mit permanenten Fahrspuren den Boden schonen und die Wachstumsbedingungen verbessern

Martin Holpp, Thomas Anken

Agroscope, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen; E-Mail: martin.holpp@agroscope.admin.ch

Einleitung

Landwirtschaftliche Nutzflächen werden heute weitgehend zufällig ohne festgelegte Fahrspuren befahren. Die entstehenden Verdichtungen müssen auf ackerbaulich genutzten Flächen regelmäßig energie- und zeitaufwändig wieder beseitigt werden. Auf Dauergrünland bleiben sie mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf Bestandeszusammensetzung, Ertrag und Bodenfunktionen erhalten. Eine Verminderung der Bodenverdichtung könnte Anbauverfahren wesentlich effizienter, robuster und leistungsfähiger machen und Bodenfunktionen wie Infiltration und Wasserspeicherung verbessern. Spursysteme zur Trennung von Fahr- und Wachstumsraum wurden in der Praxis bisher jedoch nur im Ackerbau mit Pflegefahrspuren für Pflanzenschutz und Düngung eingeführt.

Mit satellitenbasierten Lenksystemen können permanente, über die Jahre beibehaltene Fahrgassensysteme in der Praxis umgesetzt werden. Solche als Controlled Traffic Farming (CTF) bekannte Spursysteme werden seit Mitte der 1990-er Jahre großflächig im australischen Direktsaat-Getreidebau eingesetzt. Reduzierte Oberbodenverdichtungen verbesserten Luft- und Wasserführung im Boden. Die Anbausysteme wurden in Trockenzeiten und bei Starkniederschlägen stabiler und die Erträge stiegen um 5-15 %. Die Vorteile waren so gross, das heute etwa drei Millionen Hektar unter CTF bewirtschaftet werden.

Bei Versuchen in Großbritannien erhöhte sich in befahrenen Böden die Lagerungsdichte um 15 % und der Bodeneindringwiderstand um 47 %, während die Bodenporosität relativ gesehen um 10 % und das Infiltrationsvermögen um 75 % sanken. Die Erträge unbefahrener Flächen lagen in europäischen Versuchen abhängig von der Versuchsanstellung bei etwa 80–160 % des Ertrags von befahrenen Flächen. In lokalen Versuchen erzielten unbefahrene Flächen bis zu 36 % mehr Ertrag als zufällig befahrene. Permanente Fahrspuren erzielten die tiefsten Erträge. Es wird geschätzt, dass unter mitteleuropäischen Ackerbedingungen generell ein CTF-Mehrertrag von etwa 5–8% erzielt werden kann.

In Holland Mitte der 2000-er-Jahre durchgeführte Untersuchungen bestätigten die Ergebnisse der in den 1970-er- und 1980-er-Jahren durchgeführten Feldversuchen im Gemüsebau. Mit CTF stehen im Frühjahr drei Mal mehr Feldarbeitstage zur Verfügung, wird 15–50 % weniger Energie für die Bodenbearbeitung benötigt, führt wassergesättigter Boden bei Feldkapazität 40 % mehr Luft und bringen Wurzelfrüchte bis zu 10 % Mehrertrag.

In Dänemark Mitte der 2000-er-Jahre durchgeführte Feldversuche im Grünland zeigten, dass der Grasertrag auf befahrenen Flächen im Schnitt etwa 18 % geringer ist. In früheren Versuchen wurden abhängig von Anzahl der Überfahrten und Reifendruck 10–60 % Mindererträge im Vergleich zu unbefahrenen Flächen erzielt.

In der Schweiz untersuchte Agroscope von 2008 bis 2012, ob sich durch CTF in Kombination mit weiteren technischen Vorsorgemöglichkeiten die Leistungsfähigkeit von Anbauverfahren unter Direktsaat verbessern ließe. Die Ergebnisse des Versuches werden im Folgenden vorgestellt.

Material und Methoden

Der Exaktfeldversuch wurde von 2008 bis 2012 am Standort Tänikon (8.7°C mittlere Jahrestemperatur, 1184 mm mittlerer Jahresniederschlag) auf einem sandigen Lehm mit 21 % Tonanteil mit den Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Feldfutterbau und Silomais und den Varianten Pflug zufällig befahren, Direktsaat zufällig befahren und CTF-Direktsaat durchgeführt. Das an europäische Verhältnisse angepasste CTF-System basierte auf Standardmaschinen mit niedrigen Reifendrücken (bei den Traktoren 0,8 bar und beim Mähdrescher 1.0 bar auf der Vorderachse und 1.2 bar auf der Hinterachse), Standardspurweiten und einer Grundarbeitsbreite von 4.50 m. Die Erntemaschine fuhr um eine halbe Breite versetzt auf den Traktorfahrspuren, der Spurflächenanteil betrug etwa 27 % (Abb.). Bodenkundliche und pflanzenbauliche Parameter wurden auf den intensiv befahrenen Pflegefahrgassen, den nur bei Saat und Ernte genutzten Spuren (= gering befahren) und den nicht befahrenen Bereichen separat untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Durch den niedrigen Kontaktflächendruck kam es in keinem Fall zu ausgeprägten Fahrspurbildungen, die maximale Deformation betrug etwa 10 mm. In der intensiv befahrenen CTF-Variante war sie signifikant höher als in der unbefahrenen. Generell zeigt die bis 2007 flach bearbeitete CTF-Fläche eine signifikant höhere Deformation als die bereits Mitte der 1990er Jahre angelegte Direktsaatparzelle.

Nach bereits zwei Jahren hatten die nicht befahrenen CTF-Flächen nach dem Pflug signifikant die niedrigsten Bodeneindringwiderstände. Die nur während Saat und Ernte befahrenen Flächen der CTF-Variante folgten mit einigem Abstand und waren mit der zufällig befahrenen Direktsaat vergleichbar (Abb.). Das Grobporenvolumen bewegte sich standorttypisch auf einem tiefen Niveau von 5%, das Auslassen der Befahrung bewirkte keinen messbaren Anstieg.

Der Verlauf der in den nicht und gering befahrenen CTF-Flächen erhobenen Saugspannung unterschied sich nur in selten aufgetretenen Trockenperioden signifikant voneinander. Die Werte lagen stets unterhalb des permanenten Welkepunktes von pF 4.2, pflanzenbauliche Auswirkungen waren nicht zu erwarten.

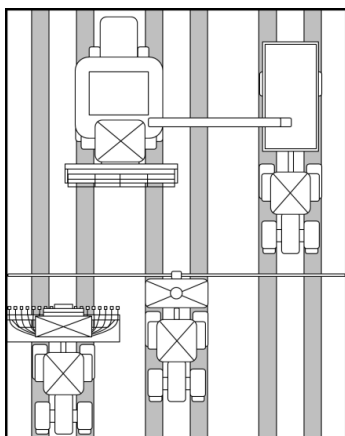


Abb. 1. Im Versuch genutztes CTF-System mit Standardmaschinen, 4,50 m Arbeitsbreite und einem Spurflächenanteil von etwa 27 %.

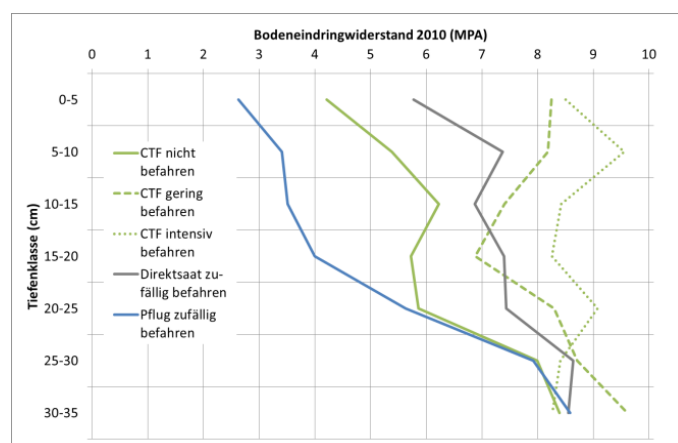


Abb. 2: Nach zwei Jahren hatten die nicht befahrenen CTF-Flächen nach der Pflugvariante den niedrigsten Bodeneindringwiderstand entwickelt. Hinweis: Aufgrund des locker gelagerten Bodens in der Pflugvariante wurde die Messung mit einem Penetrometer mit 4-cm²-Konus durchgeführt. Die Messwerte sind dadurch höher als mit dem üblich verwendeten 2 cm²-Konus.

Die in den nicht und gering befahrenen CTF-Flächen untersuchten Bodenluftparameter Sauerstoff (O₂) und Kohlendioxid (CO₂) unterschieden sich zum Teil signifikant. In der für die Jugendentwicklung wichtigen Bodentiefe von 10cm war die O₂-Versorgung in den unbefahrenen Bereichen in 90% aller Messungen im optimalen Bereich von >15%, in den gering befahrenen in 75% der Messungen. Die CO₂-Konzentrationen lagen in den nicht befahrenen Bereichen in 60% der Messungen, in den gering befahrenen in nur gut 30% der Messungen im optimalen Bereich bis 2%.

Die Ergebnisse des bei Winterweizen, Wintergerste und Mais erhobenen Feldaufgangs waren nicht eindeutig interpretierbar. Im ersten Jahr mit Winterweizen und im vierten Jahr mit Mais bewegte sich der Feldaufgang unter der CTF-Direktsaat auf einem ähnlichen Niveau wie unter der herkömmlich befahrenen Direktsaat und lag 20-40 % niedriger als bei Pflug. Im zweiten Jahr mit Wintergerste unterschieden sich die Feldaufgänge nicht statistisch voneinander. Zusammengefasst lagen sie im Schnitt der Jahre auf den kontrolliert und herkömmlich befahrenen Direktsaatflächen gleichauf bzw. bei etwa 80 % der von Pflug (Abb.).

Dieses Bild wiederholte sich bei der Ernte, wobei aufgrund Hagelschlags im Winterweizen nur die Ertragswerte von Wintergerste, Kunstwiese und Mais zur Verfügung standen. Unter Wintergerste waren die Erträge der nicht befahrenen CTF-Flächen 10 % tiefer als die der gepflügten Flächen und lagen statistisch signifikant auf demselben Ertragsniveau. Die gering befahrenen CTF-Spuren und die herkömmlich befahrenen Direktsaatflächen lagen signifikante 20-30 % tiefer als bei Pflug. Bei der Kunstwiese lagen die Erträge der nicht und gering befahrenen CTF-Flächen und der herkömmlich befahrenen Direktsaat bei etwa 80 % der von Pflug und waren damit signifikant tiefer (Abb.). Auffällig war das Abfallen der intensiv befahrenen CTF-Pflegefahrergassen auf etwa 65 % der Ertragsleistung der gepflügten Flächen. Beim Mais lieferten die kontrolliert und herkömmlich befahrenen Direktsaatflächen etwa 75 % des Ertrags der Pflugflächen und lagen damit signifikant tiefer. Über die Jahre gesehen waren die kontrolliert und herkömmlich befahrenen Direktsaatflächen ertragsmässig gleichauf bzw. bei etwa 80 % der von Pflug.

CTF erbrachte auf diesem Standort also keine Verbesserung der Feldaufgänge und Erträge im Vergleich zu Direktsaat mit unkontrollierter Befahrung. Diese Ergebnisse könnten sich hauptsächlich durch zwei Aspekte erklären lassen. Einerseits führte der niedrige Reifen- und Kontaktflächendruck wie gewünscht auch zur Schonung des

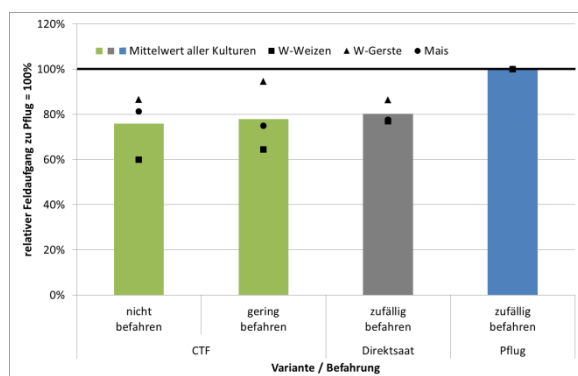


Abb. 3: Relativer mittlerer Feldaufgang von Winterweizen, Wintergerste und Mais im Vergleich zu Pflug = 100 %. Unter Kunstwiese wurde kein Feldaufgang erhoben.

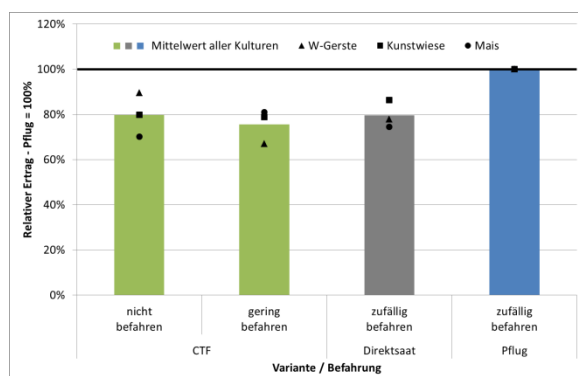


Abb. 4: Relativer mittlerer Biomasseertrag von Wintergerste Kunstwiese und Mais im Vergleich zu Pflug = 100 %. Für Winterweizen standen aufgrund Hagelschlags keine Ertragswerte zur Verfügung.

Bodens auf den herkömmlich befahrenen Direktsaatparzellen. Mit höheren Kontaktflächendrücken befahren, wäre es vielleicht zu einer Differenzierung der Ergebnisse gekommen. Andererseits gelang es selbst unter optimalen Saatbedingungen mit keiner der verwendeten Scheibenschar-Direktsämaschinen, ein gutes Saatbett in der Saatrille zu schaffen. Der Boden auf dem Versuchsstandort krümelte zu wenig und das Saatgut hatte keinen optimalen Bodenkontakt. Unter solchen Standortverhältnissen könnten Verfahren wie Strip-Till und Streifenfrässaat für eine bessere Bestandsetablierung und Ertragsentwicklung sorgen.

Schlussfolgerung

CTF erweitert in Kombination mit breiten Reifen und niedrigem Reifendruck die Möglichkeiten, tiefergehende Bodenverdichtungen zu vermeiden, den Bedarf an energieintensiver Bodenlockerung zu reduzieren und die Entwicklung einer stabileren Bodenstruktur mit höherer Tragfähigkeit zu fördern. Ackerbausysteme mit flacher und ohne Bodenbearbeitung sowie Dauergrünland können von CTF profitieren.

Die auf Pflegefahrgassen beobachtete negative Entwicklung bodenkundlicher und pflanzenbaulicher Parameter legt nahe, primär intensiv befahrene Bereiche permanent festzulegen und möglichst für alle Überfahrten mit höheren Kontaktflächendrücken bzw. weniger tragfähige Bodenzuständen wie bei Ernte, organischer Düngung und Transport zu benutzen. Ein solches «CTF-light» könnte ein sinnvoller erster Schritt für eine CTF-Umsetzung sein. Alle Arbeiten, die unter günstigen Bedingungen mit geringem Verdichtungsrisiko und tiefen Kontaktflächendrücken erfolgen, könnten ohne Befahrungseinschränkungen durchgeführt werden.

Literatur

Chamen T., 2011: The effects of low and controlled traffic systems on soil physical properties, yields and the profitability of cereal crops on a range of soil types. Dissertation, Cranfield, 305 S. <http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/7009>

Green O., Jørgensen R. N., Kristensen K., Bochtis D. u. Sørensen C. G., 2010: Effects of the Machine Wheel Load on Grass Yield. CIGR 17th World Congress, 13.-17.06.2010, Québec City. <http://www.csbe-scgab.ca/docs/meetings/2010/CSBE100944.pdf>

Holpp M., 2012: Untersuchungen zu Controlled Traffic Farming und automatischen Lenksystemen. Dissertation, Witzenhausen, 150 S. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2012110242088>

Isbister, B., Blackwell, P., Riethmuller, G., Davies, S., Whitlock, A., & Neale, T. (2013). Controlled Traffic Farming Technical Manual: Northern Agricultural Catchments Council (NACC) / Department of Agriculture and Food Western Australia, 80 S. <http://www.precisionagriculture.com.au/display.php?file=47>

Vermeulen G. u. Mosquera J., 2009: Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. Soil and Tillage Research, 102, 1, S. 126-134, DOI: 10.1016/j.still.2008.08.008.

Growth and genome analyses of 100 different winter barley genotypes exposed to future CO₂ concentrations under field conditions

Esther Mitterbauer¹, Jürgen Bender¹, Martin Erbs¹, Matthias Enders², Antje Habkuß², Hans-Joachim Weigel¹, Frank Ordon²

¹Thünen Institute of Biodiversity, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig;

²Julius Kühn Institute (JKI), Institute for Resistance Research and Stress Tolerance, Erwin-Baur-Str. 27, D-06484 Quedlinburg. esther.mitterbauer@ti.bund.de

Introduction

The anticipated increase in atmospheric CO₂ concentration will have direct implications for plant growth and agricultural ecosystems, as CO₂ is the most important resource for plant growth. In general, growth and yield of C3 crops are known to be positively affected by elevated CO₂ (eCO₂). Although some evidence from studies with small numbers of genotypes of different crop species suggests that intraspecific variability in the response to eCO₂ does exist, a systematic evaluation of a broader set of diverse genotypes under field conditions is still lacking. Sufficient genetic variation is a prerequisite that would allow breeders to select for future maximum CO₂ responsiveness.

Material and Methods

Here we report on results of a 2-years field experiment during which a diversity set consisting of 101 barley genotypes was exposed in open-top field chambers to ambient CO₂ (~400 ppm) and elevated CO₂ (~700 ppm) during the growing seasons.

Results and Discussion

Averaged across all genotypes and years eCO₂ increased grain yield (GY) and above ground biomass (ABM) by ~23 % and ~22 %, respectively, with kernel number per ear (+13 %) and stem dry weight (+29 %) showing the highest response contributing to these two growth parameters (Mitterbauer et al. 2013). Nevertheless, there were significant differences in the response to eCO₂ between genotypes, as GY and ABM responses ranged between – 48% and – 45%, respectively, (i.e. negative effect) to + 175% and + 166% , respectively, (positive effect) indicating a high genetic variability in CO₂ responsiveness in barley (Fig.1). Particularly, significant differences in the reaction of 2-rowed and 6-rowed genotypes to eCO₂ were detected. While 6-rowed genotypes showed a significant and strong yield increase under eCO₂, the increase for 2-rowed genotypes was smaller and statistically not significant (data not shown). In order to relate these growth responses to potential genetic characteristics whole genome association analyses were conducted using a QK mixed model approach. Based on 3842 polymorphic mapped SNPs from the Illumina 9k-chip and phenotypic data obtained in two seasons a total of 134 highly associated (-log p values ≥ 3) markers were detected of which 75 were associated with multiple traits. Results of the association studies and *in silico* mapping of published CO₂ responsive genomic regions were used for the selection of candidate genes which were re-sequenced in a subset of genotypes and allelic variation was discovered. Overall, our results highlight the need to consider genotype

variability in climate change impact assessments for crops and point to the possibility to select for future maximum CO₂ responsibility in crop breeding attempts.

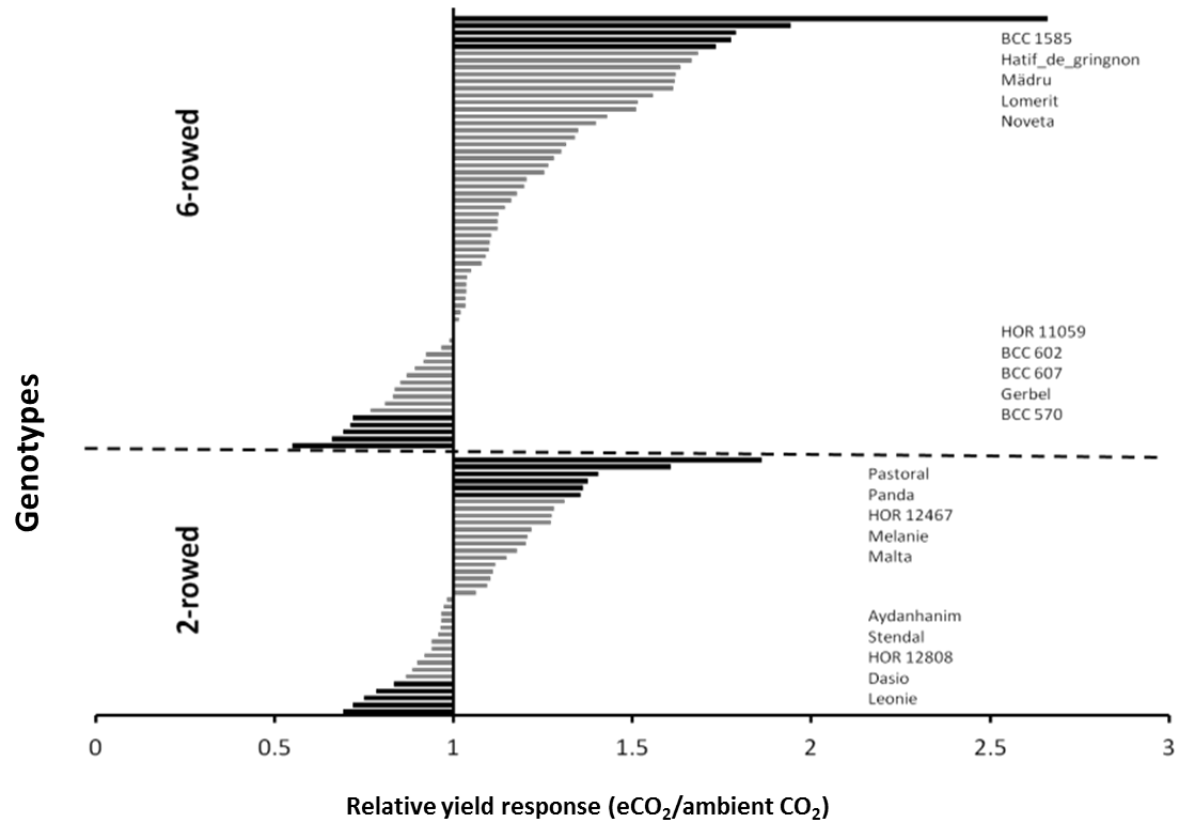


Fig. 1: Relative yield responses (expressed as yield in eCO₂ vs. yield in ambient CO₂ averaged across two growing seasons) of 100 winter barley genotypes after exposure to ambient and eCO₂ in open-top field chambers. Bars in bold indicate a significant (P < 0.05) CO₂ effect on a particular genotype. Genotypes that showed significant responses (positive or negative) are listed on the right.

Literature

Mitterbauer E, Ordon F, Habekuß A, Erbs M, Enders M, Kilian B, Weigel H-J, Giesemann A, Bender J (2013) Untersuchungen der Reaktionen verschiedener Gerstegenotypen auf zukünftige CO₂-Konzentrationen als Grundlage zur züchterischen Optimierung des "CO₂-Düngeeffektes". In: Arbeitstagung 2012 der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute am LFZ Raumberg-Gumpenstein. Gumpenstein, pp 65-68.

Mehr CO₂ in der Atmosphäre beeinflusst die Qualität von Mais nur unter Trockenstress-Bedingungen: Ergebnisse aus Feldversuchen

Martin Erbs¹, Remy Manderscheid¹, Liane Hüther², Anke Schenderlein²,
Herbert Wieser³, Sven Dänicke², Hans-Joachim Weigel¹

¹ Thünen Institut für Biodiversität, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig; ² Institut für Tierernährung, Friedrich Loeffler Institut (FLI), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig; ³ Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Lise-Meitner-Straße 34, D-85354 Freising. *hans.weigel@ti.bund.de*

Einleitung

Klimaprognosen stimmen darin überein, dass die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre weiter rasch ansteigt und dass Anzahl und Dauer von Trockenheitsperioden zunehmen. Beide Veränderungen beeinflussen Wachstum und Ertrag von C3- und C4-Kulturpflanzen maßgeblich über Effekte auf den Wasserhaushalt. Während Trockenstress Wachstumsverluste bewirkt, führt eine erhöhte CO₂-Konzentration [eCO₂] zu einer Reduktion der Evapotranspiration. Wechselwirkungen dieser beiden Klimaelemente sind bisher allerdings wenig betrachtet worden (Leakey et al. 2006; Manderscheid et al. 2014), was insbesondere im Hinblick auf die Qualität von Kulturpflanzen gilt. Trotz seiner Bedeutung ist Mais bisher kaum auf mögliche Qualitätsbeeinträchtigungen durch den Klimawandel untersucht worden. In einem 2-jährigen Feldexperiment wurden daher die Auswirkungen der Einzel- und Kombinationswirkung von [eCO₂] und Trockenstress auf wertgebende Inhaltsstoffe einer Maissorte untersucht.

Material und Methoden

Mais (Sorte „Romario“) wurde in den Jahren 2007 und 2008 auf dem Versuchsfeld des Thünen-Instituts mittels der FACE-Technik unter unterschiedlichen CO₂ – Konzentrationen (395 ppm; 550 ppm) und bei (in 2008) unterschiedlicher Wasserversorgung (feucht: nFK stets > 60%; trocken: NFK zeitweise < 50%) angebaut, wobei die FACE-Technik (FACE) mit Rainout-Sheltern (DS) kombiniert wurde (Erbs et al. 2012). Jede CO₂-Konzentration wurde auf je drei kreisförmigen Versuchsflächen eingestellt, die wiederum in eine feuchte und eine trockene Hälfte unterteilt waren. Im 1. Versuchsjahr wuchsen alle Maispflanzen nur unter optimaler Bewässerung auf. Zur Erntereife wurden Konzentrationsveränderungen verschiedener Elemente (N, P, K, Ca, Mg, S., Fe, Zn) sowie weiterer Qualitätsparameter (Fett, Rohfaser, säure-lösliche Faser, Neutralfaser, Stärke, Glutelin, Prolamin, Saccharose) in der oberirdischen Biomasse sowie in den Körnern untersucht (Erbs et al. 2014).

Ergebnisse und Diskussion

Unter guter Wasserversorgung wurde in beiden Versuchsjahren kein Effekt der [eCO₂]-Behandlung nachgewiesen. Trockenstress dagegen beeinflusste zahlreiche Qualitätsmerkmale (Abb.1; nur signifikante Änderungen gezeigt). Unter [eCO₂]-Bedingungen waren die Trockenstresseffekte bei verschiedenen Merkmalen deutlich schwächer ausgeprägt. Die erstmals unter Feldbedingungen ermittelten Resultate stützen die Hypothese, dass C4 Pflanzen wie Mais nur unter Trockenstress auf die CO₂-Anreicherung der Atmosphäre reagieren.

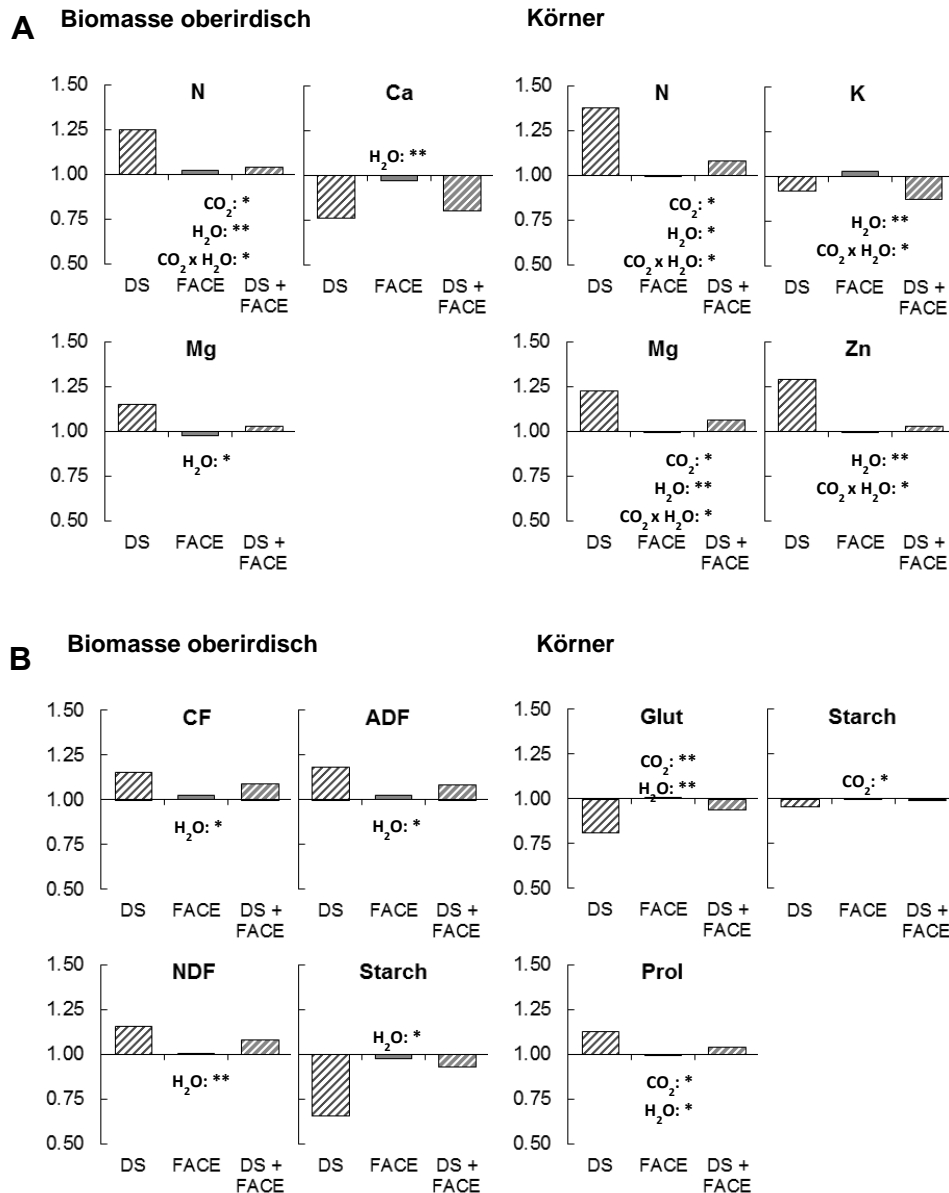


Abbildung 1. Verhältnis der Konzentrationen verschiedener Elemente (A) und Qualitätsparameter (B) in Biomasse und Körnern von Mais zwischen jeweiliger Kontrolle (feucht bzw. 395 ppm CO₂) und Trockenstress (DS), erhöhter CO₂-Konzentration (FACE) und deren Kombination (DS + FACE). ***: $p < 0.001$; **: $0.001 \leq p < 0.01$; *: $0.01 \leq p < 0.05$; CF: Rohfaser; ADF: säure-lösliche Faser; NDF: Neutralfaser; Starch: Stärke; Glut: Glutelin; Prol.: Prolamin.

Literatur

- Erbs M, Manderscheid R, Weigel H-J (2012) A combined rain shelter and free-air CO₂ enrichment system to study climate change impacts on plants in the field. *Methods Ecol Evol* 3:81-88.
- Erbs M, Manderscheid R, Hüther L, Schenderlein A, Wieser H, Dänicke S, Weigel H-J (2014) Free air CO₂ enrichment affects elemental composition and quality characteristics of maize only under drought stress. *Agron Sustain Develop.* in press
- Leakey ADB, Uribealarea M, Ainsworth EA, Naidu SL, Rogers A, Ort DR, Long SP (2006) Photosynthesis, productivity, and yield of maize are not affected by open-air elevation of CO₂ concentration in the absence of drought. *Plant Physiol* 140:779-790
- Manderscheid, R, Erbs, M., Weigel H-J (2014): Interactive effects of free-air CO₂ enrichment and drought stress on maize growth. *Europ J Agron* 52, 11–21

Mischanbau von Energiemais mit Stangenbohnen im ökologischen Landbau: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres

Liina Nurk¹, Rüdiger Graß¹, Sabine Hubert², Carola Pekrun², Michael Wachendorf¹

¹Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe; ²Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Agrarforschung
E-Mail: liina.nurk@uni-kassel.de

Einleitung

Die Anbaufläche von Mais ist in Deutschland in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen, vor allem aufgrund seiner überragenden Bedeutung als Rohstoff für Biogasanlagen. Dies wird jedoch zunehmend als problematisch für eine nachhaltige Landwirtschaft angesehen. Im ökologischen Landbau gestaltet sich der Maisanbau schwieriger aufgrund von Anbauproblemen wie Unkrautregulierung und Nährstoffversorgung. Dabei besteht aber großes Interesse am Maisanbau als energiereiche Pflanze zur Futter- oder Biogasnutzung. Daher ist es notwendig, Anbausysteme und Anbauformen (weiter-) zu entwickeln, durch die der Maisanbau nachhaltiger gestaltet und Anbauprobleme reduziert werden können. Der Mischanbau von Mais mit Bohnen, wie er v.a. in den Tropen seit langem bekannt und verbreitet ist, könnte dazu einen Beitrag leisten.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Neu-Eichenberg bei Witzenhausen (Universität Kassel) wurden im Jahr 2013 Mais (Sorte Fernandez) und Bohnen (Sorte Neckarkönigin) mit unterschiedlichen Aussaatstärken (5 und 7,5 Körner pro m²), Saatzeiten von Bohne (früh – 2-3 Blatt Stadium Mais und spät – 5-6 Blatt Stadium Mais) und Mischungsverhältnissen (7,5 Körner (Kö) Mais (M) mit 7,5 Kö Bohne (B); 7,5 Kö M mit 5 Kö B; 5 Kö M mit 7,5 Kö B und 5 Kö M mit 5 Kö B) unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus ausgebracht. Mais wurde am 7. Mai ausgesät. Der erste Aussattermin der Bohnen war am 6. Juni und der zweite am 25. Juni. Gemessen wurden die Bestandesentwicklung, der Biomasseertrag, der Methanertrag sowie die Stickstofffixierungsleistung.

Ferner wurden vier unterschiedliche Varianten der mechanischen Unkrautregulierung geprüft. Neben der Kontrollvariante ohne jegliche Regulierung gab es: Variante 1 mit 1 x Maschinenhacke vor der Bohnensaat, 1 x Handhacke nach der Saat; Variante 2 mit 1 x Maschinenhacke vor der Bohnensaat, 1 x Maschinenhacke nach der Saat; Variante 3 mit 1 x Maschinenhacke vor der Bohnensaat, mehrfacher Handhacke nach der Saat; Variante 4 mit 1 x Maschinenhacke vor der Bohnensaat, mehrfacher Maschinenhacke nach der Saat.

Ergebnisse und Diskussion

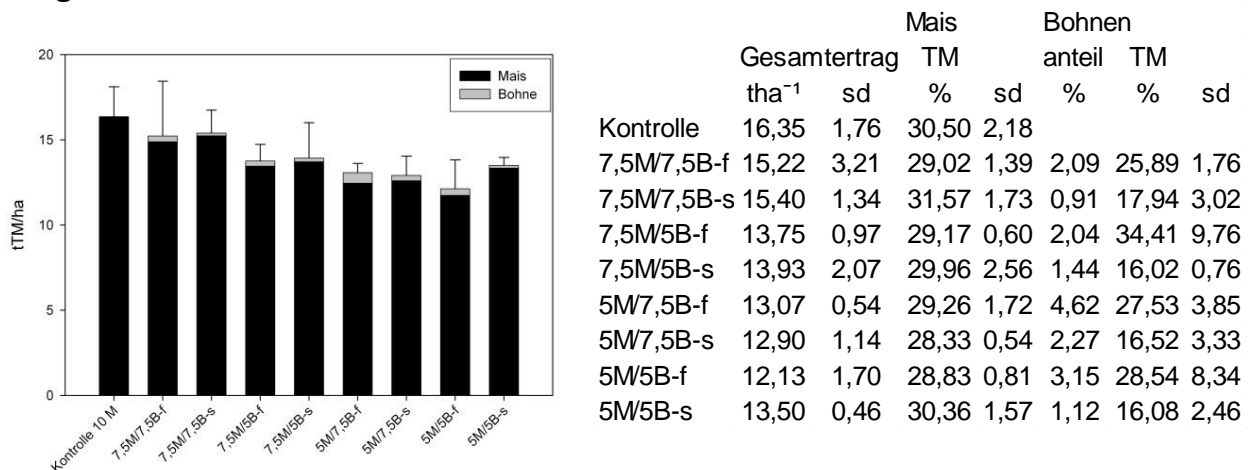


Abbildung 1: Trockenmasseertrag (t/ha) Mais-Bohne-Mischanbau und Bohnenanteile am Gesamtertrag am Standort Witzenhausen, 1.Versuchsjahr 2013.

Die tatsächlichen Pflanzanzahlen stimmten bei Mais mit den angestrebten Werten nahezu überein. Bei der Kontrolle - 10 Kö M pro m² waren es 9,5, bei 7,5 Kö/m² waren es 7 und bei 5 Kö/m² waren es 5,5 Pflanzen pro m² (Pfl/m²). Bei den früh gesäten Bohnen gab es Schwierigkeiten bei der Keimung aufgrund der trockenen Witterung im Juni. Die tatsächlichen Pflanzanzahlen lagen bei 4,1 und 3,1 anstatt 7,5 und 5 Pfl/m². Bei den spät gesäten Bohnen war der Boden trocken und nach Bearbeitung klutig, was zu einer niedrigeren Pflanzanzahl als angestrebt führte. Die Zahlen lagen bei 4,3 und 3,7 anstatt 7,5 und 5 Pfl/m². Dies wirkte sich vermutlich auf den geringen Anteil von Bohnen beim Gesamtertrag zwischen 0,91 – 4,62 % aus (Abb.1). Den höchsten Trockenmasseertrag erzielte die Kontrolle (10 Körner Mais pro m²) mit 16,35 t ha⁻¹ und den niedrigsten Ertrag die Variante mit 5 Körnern Mais und 5 Körnern Bohne, früh ausgesät, mit 12,13 t ha⁻¹. Aufgrund des niedrigen Bohnenanteils wurde der Gesamtertrag vor allem durch den Mais bestimmt. Dabei wurde deutlich, dass bei der höchsten Aussaatstärke des Maises (Kontrolle) auch der höchste Gesamtertrag erzielt wurde. Auffallend ist der Trockenmassegehalt (TM %) der Bohnen: Es zeigt sich deutlich, dass die Varianten mit früh gesäten Bohnen deutlich höhere Trockenmassegehalte aufzeigten (Abb. 1).

Die Werte zur Stickstofffixierleistung und zum Methanertrag befinden sich noch in der Auswertung und werden auf dem Poster präsentiert.

Im Unkrautregulierungsversuch behinderten bei der Kontrollvariante ohne Regulierung die Unkräuter sehr stark die Entwicklung und das Wachstum von Mais und Bohnen, was zu einem sehr niedrigen Ertrag von 2,79 t ha⁻¹ führte. Bei den anderen Unkrautregulierungsvarianten gab es beim Ertrag (14,63 ± 0,87 t ha⁻¹) und den anderen Parametern keine bedeutenden Unterschiede. Auf der Versuchsfläche wurden 29 unterschiedliche Wildkräuter im Bestand bestimmt.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.v.) gefördert

Mischanbau von Mais mit Stangenbohnen - Entwicklung des Anbausystems für den konventionellen Anbau

Liina Nurk¹, Rüdiger Graß¹, Sabine Hubert², Michael Wachendorf¹, Carola Pekrun²

¹Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe; ²Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Agrarforschung
E-Mail: liina.nurk@uni-kassel.de

Einleitung

Die Anbaufläche von Mais ist in Deutschland in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen, vor allem aufgrund seiner überragenden Bedeutung als Rohstoff für Biogasanlagen. Der zunehmende Anbau von Mais wird aber vermehrt als problematisch für eine nachhaltige Landwirtschaft angesehen. Dennoch wird Mais in absehbarer Zukunft seine herausragende Stellung als Rohstoff für Biogasanlagen beibehalten. Daher ist es notwendig, Anbausysteme und Anbauformen (weiter-) zu entwickeln, durch die der Maisanbau nachhaltiger gestaltet werden kann. Der Mischanbau von Mais mit Bohnen, wie er v.a. in den Tropen seit langem bekannt und verbreitet ist, könnte dazu einen Beitrag leisten.

Material und Methoden

An den Standorten Tachenhausen (HfWU Nürtingen-Geislingen) und Grub (LfL Bayern) wurden Mais (Sorte Fernandez) und Stangenbohne *Phaseolus vulgaris* (Sorte Neckarkönigin) mit unterschiedlichen Aussaatstärken (5 und 7,5 Körner pro m²), Saatzeiten von Bohne (früh – 2-3 Blatt Stadium Mais und spät – 5-6 Blatt Stadium Mais) und Mischungsverhältnissen (7,5 Körner (Kö) Mais (M) mit 7,5 Kö Bohne (B); 7,5 Kö M mit 5 Kö B; 5 Kö M mit 7,5 Kö B und 5 Kö M mit 5 Kö B) unter den Bedingungen des konventionellen Landbaus in vierfacher Wiederholung gesät. In Tachenhausen wurde Mais am 16. April ausgesät. Der erste Aussaattermin der Bohnen war am 19. Mai und der zweite am 12. Juni. In Grub wurde Mais am 3. Mai ausgesät. Der erste Aussaattermin der Bohnen war am 6. Juni und der zweite am 28. Juni. An beiden Orten wurden die Bestandesentwicklung, der Biomasseertrag und der Methanertrag untersucht, in Tachenhausen zusätzlich die Stickstofffixierungsleistung.

Ferner wurden vier unterschiedliche Varianten der Unkrautregulierung in beiden Versuchsorten geprüft. Neben der Kontrollvariante ohne jegliche Regulierung gab es: Variante 1 mehrfach handbereinigt; Variante 2 mit mechanischer Unkrautregulierung: Hacken vor der Aussaat der Bohnen. Variante 3 mit Herbizidstrategie 1 (Stomp Aqua + Spektrum im Voraufbau nach der Aussaat des Maises) und Variante 4 mit Herbizidstrategie 2 (Centium 36 CS 0,25 l/ha im Voraufbau nach der Aussaat des Maises).

Ergebnisse und Diskussion

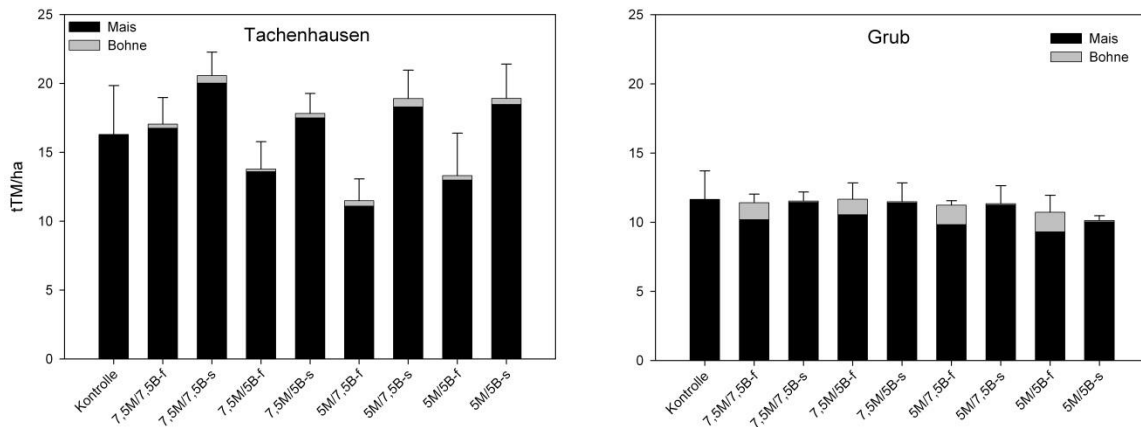


Abbildung 1: Trockenmasseertrag (t/ha) Mais-Bohne-Mischanbau an den Standorten Tachenhausen und Grub, 1.Versuchsjahr 2013.

In Tachenhausen entsprachen die tatsächlichen Pflanzenzahlen nicht den angestrebten. Beim Mais waren es 6,9 und 5,8 anstatt 10 bzw. 7,5 Pflanzen pro m^2 (Pfl/ m^2). Die anvisierte Aussaatstärke 5 wurde erreicht. Bei den früh gesäten Bohnen gab es Schwierigkeiten bei der Keimung aufgrund der kühlen und nassen Witterung im Mai 2013. Die tatsächlichen Pflanzenzahlen lagen bei 3,4 und 2,6 anstatt 7,5 und 5 Pfl/ m^2 . Bei den spät gesäten Bohnen war der Boden trocken, was zu einer niedrigeren Pflanzenzahl als angestrebt führte. Die Zahlen lagen bei 3,6 und 3,0 anstatt 7,5 und 5 Pfl/ m^2 . Dies wirkte sich vermutlich auf den geringen Anteil von Bohnen beim Gesamtertrag zwischen 1,13 – 3,16 % aus. In Grub wurden die angestrebten Pflanzenzahlen bei Mais nahezu erreicht: 9, 7,4 und 5,1 Pfl/ m^2 gegenüber angestrebten 10, 7,5 und 5 Pfl/ m^2 . Bei der Bohne war es ähnlich wie in Tachenhausen. Wegen ungünstigen Witterungsbedingungen lagen die Zahlen bei 4,6 und 2,9 anstatt 7,5 und 4,2 und 3,2 anstatt 5 Pfl/ m^2 . Daher lag vermutlich auch hier der Bohnenanteil am Gesamtertrag bei früh gesäten Bohnen nur zwischen 9,30- und 13,04 % und bei spät gesäten Bohnen bei 0,54-0,78 %.

Den höchsten Trockenmasseertrag mit $20,57 t ha^{-1}$ erzielte in Tachenhausen die spät gesäte Variante mit 7,5 Körner Mais und 7,5 Körner Bohne, den niedrigsten Ertrag mit $11,48 t ha^{-1}$ die Variante mit 5 Körnern Mais und 7,5 Körnern Bohne, früh gesät. In Grub lagen die Erträge über alle Varianten bei ca. $10,8 t ha^{-1}$ (Abb. 1). Die höheren Erträge in Tachenhausen bei den späteren Bohnensaatterminen lassen sich vermutlich auf das nochmalige Hacken zur Bohnensaat zurückführen, was auch dem Maisertrag zugute kam.

Die Werte zur Stickstofffixierleistung und zum Methanertrag befinden sich noch in der Auswertung und werden auf dem Poster präsentiert.

Im Unkrautregulierungsversuch in Tachenhausen war der höchste Ertrag bei der handbereinigten Kontrolle mit $17,44 t ha^{-1}$, gefolgt von der Herbizidstrategie 1 mit einem ähnlichen Ertrag und wenig Unkräutern pro m^2 . Die mechanische Unkrautkontrolle und die Herbizidstrategie 2 lagen nur mit 1,28 bzw. $0,79 t ha^{-1}$ höherem Ertrag nur knapp über der Kontrolle ohne Regulierung mit $12,92 t ha^{-1}$. Auch in Grub war die beste Unkrautregulierungsstrategie die Herbizidstrategie 1 mit $10,64 t ha^{-1}$. Alle andere Erträge lagen bei $9,15 \pm 0,37 t ha^{-1}$.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.v.) gefördert

Erhalt der Artenvielfalt von Bergmähwiesen in der Hohen Rhön durch energetische Nutzung nach dem IFBB Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der invasiven Art *Lupinus polyphyllus* Lindl

Frank Hensgen¹, Marcel Pierre Simon¹, R. Lutz Eckstein², Annette Otte²
und Michael Wachendorf¹

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen. ² Universität Gießen, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Gießen. E-Mail: hensgen@uni-kassel.de

Einleitung

Das Biosphärenreservat Hohe Rhön zeichnet sich durch landschaftsprägende Grünlandbestände aus, die als nährstoffarme, artenreiche Ökosysteme eine Vielzahl stark gefährdeter Arten beherbergen. Die Biodiversität dieses Extensivgrünlands ist durch die flächige Ausbreitung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) gefährdet. Das Eindringen dieser Art in Borstgrasrasen und Bergwiesen führt zu fundamentalen Veränderungen der Vegetationsstruktur und zu einer Verdrängung charakteristischer Arten (Otte und Maul, 2005). Die Ausbreitung der Lupine ist durch ein angepasstes Mahdregime zu begrenzen. Für die Aufwüchse der lupinendominierten Flächen muss eine Verwendung gefunden werden. Diese ist u.a. durch eine energetische Nutzung nach dem IFBB Verfahren (Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse) möglich. Dieses ist in Bezug auf den Mahdzeitpunkt flexibler als konventionelle Verfahren, wie die Vergärung oder Heuverbrennung (Richter et al., 2011a). Wir untersuchten den Einfluss des Mahdzeitpunktes auf die Methanproduktion der extensiven, lupinenreichen Grünlandbiomasse in der Ganzpflanzenvergärung und dem IFBB Verfahren.

Material und Methoden

5 Versuchsflächen (50m²) wurden im bayerischen Teil des Biosphärenreservates Hohe Rhön ausgewählt und botanisch untersucht (Bedeckungsgrade; 15.06.2013) und zu drei Terminen (15.06.2013, 15.07.2013 und 13.08.2013) beprobt. Die Anzahl Lupinen auf 5m² sowie deren phänologischer Status (BBCH-Skala) und maximale Höhe wurden festgehalten. Die Trockenmasse wurde bestimmt bei 105°C für 48 h, der Aschegehalt bei 550°C für mindestens 3h. Eine Teilprobe wurde dem IFBB-Verfahren zugeführt (Richter et al., 2011). Diese wurde mit warmen Wasser (40°C) im Verhältnis 1:4 für 15 Minuten gemischt und anschließend mit einer Schneckenpresse (Steigung 1:6, 3 Umdrehungen pro Minute, Siebkorblochung 1.5 mm) entwässert. Die Biogasproduktion der Presssäfte und Silagen wurde in Batch-Fermentern nach VDI Norm 4630 untersucht. Volumen und Zusammensetzung des Gases wurden regelmäßig gemessen und auf Normbedingungen umgerechnet (273.15 K, 101.325 kPa). Der Methanertrag bezogen auf den Gehalt an organischer Trockenmaße (L_N kg⁻¹ oTM) wurde berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bis auf eine Untersuchungsfläche waren alle Flächen stark von Lupinen befallen (Tabelle 1). Alle untersuchten Lupinenexemplare befanden sich am zweiten

Erntetermin im phänologischen Zustand der Frucht- und Samenreife. Am dritten Termin herrschte hohe phänologische Variabilität vor. Dies zeigt, dass eine einmalige Mahd nicht zum erwünschten Bekämpfungserfolg führen kann. Der TM-Ertrag war im Juli am höchsten.

Tabelle 2: Bedeckungsgrade und Anzahl Lupinen, sowie der Gesamtjahresertrag in t TM ha⁻¹

| Fläche | Bedeckung | Anzahl (5 m ²) | | | Ertrag | | |
|--------|-----------------------|----------------------------|------|--------|---------------------------------------|------|--------|
| | <i>L. polyphyllus</i> | <i>L. polyphyllus</i> | | | t TM ha ⁻¹ a ⁻¹ | | |
| | % | Juni | Juli | August | Juni | Juli | August |
| 1 | 30 | 10 | 13 | 11 | 2,88 | 3,51 | 3,52 |
| 2 | 20 | 4 | 15 | 10 | 1,99 | 3,31 | 3,37 |
| 3 | 30 | 8 | 13 | 12 | 4,29 | 4,48 | 4,20 |
| 4 | 0,5 | 4 | 4 | 2 | 3,20 | 4,18 | 2,07 |
| 6 | 20 | 5 | 12 | 9 | 2,96 | 4,25 | 3,40 |

Der substratbezogene Gasertrag sowohl für Silagen als auch die Presssäfte im IFBB Verfahren war im Juni deutlich höher als im Juli und noch einmal verringert im August (Abbildung 1), was den Alterungsprozess der Pflanzen widerspiegelt und den damit steigenden Faseranteil. Presssaft Erträge waren zu jedem Zeitpunkt höher als für die entsprechenden Silagen (im Mittel +23,7%), da hauptsächlich Mineralstoffe und leicht lösliche Bestandteile im Presssaft zu finden sind, wohingegen die Fasern im Presskuchen verbleiben (Richter et al., 2011b).

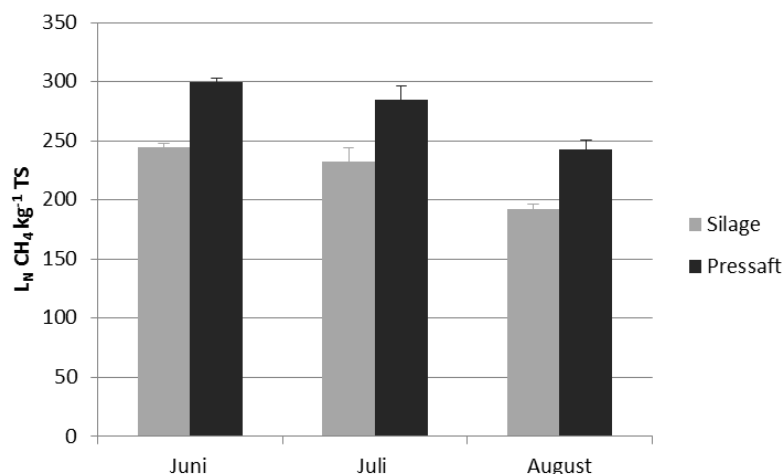


Abbildung 5: Mittlere Methanerträge und deren Standardfehler für Ganzpflanzsilagen und Presssäfte nach dem IFBB Verfahren.

Literatur

- Otte, A., P. Maul 2005: Verbreitungsschwerpunkte und strukturelle Einnischung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in Bergwiesen der Rhön. Tuexenia 25: 151-182.
- Richter F., Fricke T., M. Wachendorf 2011a: Influence of sward maturity and pre-conditioning temperature on the energy production from grass silage through the integrated generation of solid fuel and biogas from biomass (IFBB): 1. The fate of mineral compounds. Bioresource Technology 102: 4855-4865
- Richter F., Fricke T., M. Wachendorf 2011b: Influence of sward maturity and pre-conditioning temperature on the energy production from grass silage through the integrated generation of solid fuel and biogas from biomass (IFBB): 2. Properties of energy carriers and energy yield. Bioresource Technology 102: 4866-4875

Humusbilanz und Treibhausgasemission als Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkung der Landwirtschaft in der Norddeutschen Tiefebene

Jana Bauhardt¹, Nikolai Svoboda², Johannes Hufnagel², Barbara Koblenz¹,
Jan Rücknagel¹ und Olaf Christen¹

¹Martin-Luther-Universität Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Halle (Saale);

²Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung ZALF e.V., Müncheberg.

E-Mail: jana.bauhardt@landw.uni-halle.de

Einleitung

Dem Einfluss den die Landwirtschaft auf die Umwelt hat, muss man Beachtung schenken. Unter anderem wurde 2007 im IPCC veröffentlicht, dass die Landwirtschaft zu 10-12 % an den anthropogen emittierten Treibhausgasen beteiligt ist. Integriert in das vom BMBF geförderte Verbundprojekt NaLaMa-nT beschäftigt sich das Teilvorhaben „Nachhaltige Landwirtschaft“ mit den Umweltwirkungen der Landwirtschaft anhand von Humusbilanzen und Treibhausgasemissionen am Beispiel Norddeutschlands.

Material und Methoden

Als Grundlage wurden vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung (ZALF) e.V. regionsspezifische Daten zur Flächennutzung und landwirtschaftlichen Produktion der vier Untersuchungsregionen Diepholz, Uelzen, Fläming und Oder-Spree zusammengestellt. Sie entstammen der Datenbank MODAM (Zander, 2003). Die Auswahl dieser Modellregionen erfolgte aufgrund der Unterschiede in der Anbaustruktur, des Viehbesatz und der klimatischen Gegebenheiten. Zum Vergleich der Umweltwirkung der Modellregionen Norddeutschlands wird das Model Repro (Hülsbergen, 2003) genutzt. Auf Grundlage der Humussalden und Treibhausgasemissionen der Regionen werden Rückschlüsse auf die ökologische Nachhaltigkeit geschlossen.

Ergebnisse und Diskussion

Die regionsspezifischen Daten zur landwirtschaftlichen Produktion ergaben für Uelzen und Fläming eine unzureichende Humusreproduktion. Für Fläming und Oder-Spree stellten sich leicht negative Humussalden heraus. Die Unterschiede liegen in den Betriebsstrukturen. In Uelzen werden auf 48 % der Ackerfläche Hackfrüchte angebaut. Durch Einsatz von Beregnungstechnik können trotz einer mittleren Ackerzahl von 42 gute Erträge erzielt werden. Da Uelzen einen vergleichsweise geringen Viehbesatz hat (23 % der landwirtschaftlichen Fläche beanspruchten Betriebe mit Viehhaltung), kann der starke Humusabbau nicht durch organische Düngung ausgeglichen werden. In Fläming sind auf 58 % der landwirtschaftlichen Fläche Landwirtschaftsbetriebe mit Viehhaltung. Diepholz und Oder-Spree haben einen hohen Viehbesatz, denn 74 % und 67 % der Fläche sind Betriebe mit Viehhaltung. Der Hackfruchtanteil der Ackerfläche in Diepholz beträgt 35 % und in Oder Spree 19 %.

Bei der Bewertung der Treibhausgasemissionen werden CO₂-Emissionen und CO_{2äq}-Emissionen berücksichtigt. Diese entstehen bei der C-Sequestrierung der Böden durch Nutzung indirekter Energie (Maschinen, Betriebsmittel) und direkter Energie

(fossile Brennstoffe) sowie bei Düngungen (N_2O). Somit weist Uelzen hohe Emissionen aus dem Humuspool auf, gefolgt von Fläming. Die Emissionswerte aus dem Humuspool für Diepholz und Oder-Spree liegen weit unter diesen Werten. Das Ausmaß an Emissionen durch den Einsatz direkter Energie ist ursächlich im Anbauspektrum der Fruchtarten begründet. Hackfrüchte wie Silomais, Zuckerrüben und Kartoffeln sind im Maschineneinsatz intensiver. Hier ist besonders die Ernte zu nennen. Somit geben die Höhen der Emissionen die Hackfruchtintensität der Regionen wieder. Durch Stickstoffdüngungen entstehen Lachgasemissionen (N_2O). Der Stickstoffinput ist an die zu erwartenden Erträge gebunden. Die potentiellen Erträge sinken in Norddeutschland von West nach Ost, und damit auch die Lachgasemissionen.

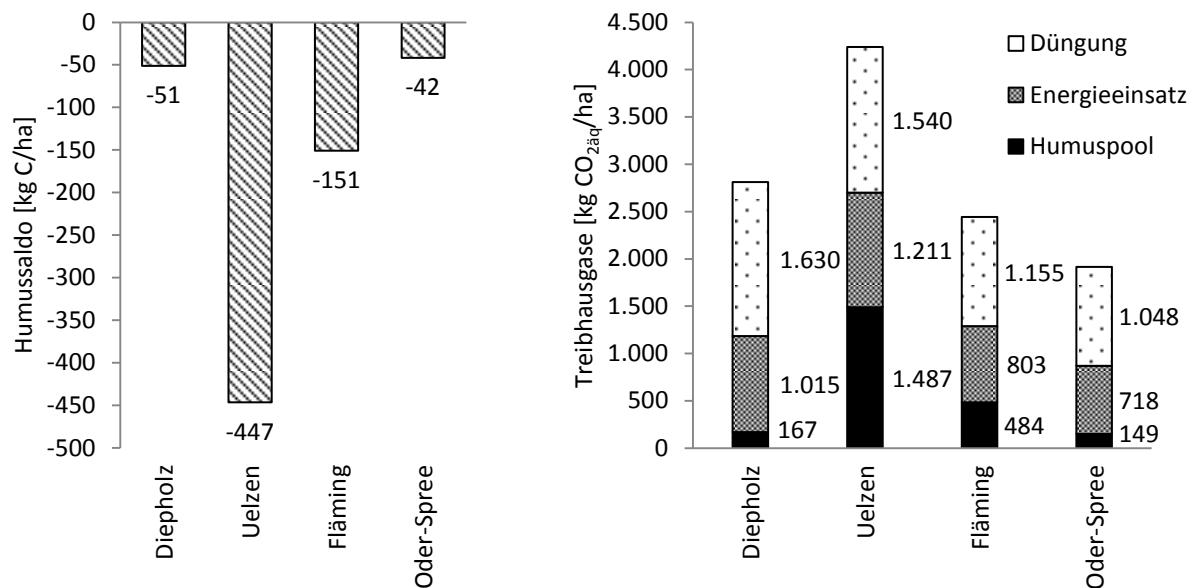


Abb. 1 Humussalden der Untersuchungsregionen (links), Treibhausgasemissionen der Untersuchungsregionen (rechts)

Daraus ergibt sich, dass der größte Einfluss auf den Humussaldo einer Region der Viehbesatz ist. In ertragsstarken Regionen ist das Potenzial zum Humusabbau am größten. Dieses Potenzial kommt nur zum Tragen, wenn in der Region ein geringer Viehbesatz vorherrscht. Der Viehbesatz einer Region hat sowohl Einfluss auf den Humussaldo als auch auf die Treibhausgasemissionen. Darüber hinaus sind der Hackfruchtanteil in der Fläche und der Stickstoffinput ein entscheidender Faktor bei den Treibhausgasemissionen.

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 033L029D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Halle
 Zander, P. (2003): Agricultural land use and conservation options: a modelling approach. Dissertation, Landbouwniversiteit Wageningen.

Bestandesetablrierung von *Silphium perfoliatum* L. - Saat versus Pflanzung

M. Gansberger^{1,2}, P. Liebhard², P. von Gehren^{1,2}, M. Weinhappel¹ und J. Mayr¹

¹Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) / Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Wien. E-Mail: markus.gansberger@ages.at

²Universität für Bodenkultur (BOKU) / Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Wien.

Einleitung

Silphium perfoliatum L. (Durchwachsene Silphie) ist eine aus Nordamerika stammende, mehrjährige, hochwüchsige, gelb blühende C₃-Pflanze aus der Familie der Asteraceae, die aufgrund der hohen Biomasseertragsleistung und der ökologischen Vorzüge zukünftig eine wertvolle Ergänzung zu den herkömmlichen Energiepflanzen für die Biogaserzeugung sein könnte.

Die Grundlage für gleichmäßige, geschlossene Pflanzbestände (Pflanzen mit gut ausgebildeten Blattrosetten, starkem Wurzelsystem) wird im ersten Vegetationsjahr gelegt, bei der die Bestandesetablrierung und die nachfolgende Bestandesführung entscheidend sind. Die Bestandesbegründung erfolgt derzeit fast ausschließlich mittels Pflanzung vorgezogener Jungpflanzen, da eine Aussaat aufgrund von fehlendem homogenem Saatgut, geringer Keimfähigkeit der Samen (u.a. infolge von Dormanz) und mangelnder Saatguttechnologie (TRÖLENBERG et al., 2012; GANSBERGER et al., 2014), bis dato noch nicht möglich ist. Eine Saat mit entsprechend aufbereitetem Saatgut ergäbe arbeitswirtschaftliche und ökonomische Vorteile. Das Ziel der Arbeit ist die Bestandesetablrierungsvarianten „Saat versus Pflanzung“ zu beurteilen.

Material und Methoden

„Bestandesetablrierung mittels Pflanzung“

Die Pflanzung mit *Silphium*-Jungpflanzen erfolgte im Mai 2012 auf vier unterschiedlichen Standorten (Schönfeld (NÖ), Grabenegg (NÖ), Hirschstetten (W), Strem (B)) mit einer Becherpflanzmaschine im Pflanzverband von 50 cm x 50 cm. Zur Verminderung von Pflanzenausfällen wurden bei Bedarf die Bestände bewässert. Zudem waren im Aussaatjahr fünf händische Unkrautbekämpfungen erforderlich.

„Bestandesetablrierung mittels Saat“

Die Saat erfolgte im Frühjahr 2014, am Standort Hirschstetten (W), zu fünf unterschiedlichen Zeitpunkten (24.04., 09.05., 22.05., 05.06., 18.06.) mit neun unterschiedlich, aufbereiteten Saatgutproben bzw. Versuchsvarianten (pilliert / unpilliert; vorgekühlt / nicht vorgekühlt, etc. → vorgegeben durch Labor- und Glashausversuchsergebnisse (GANSBERGER et al., 2014)) in vierfacher Wiederholung. 45 unterschiedliche Varianten wurden somit in vierfacher Wiederholung in einem Modell vereinigt und als teilrandomisierte Blockanlage (180 Parzellen) ausgesät.

Die Saat der pillierten Saatgutproben erfolgte mit einer pneumatischen Einzelkornsämaschine. Die unpillierten Saatgutproben mussten händisch ausgesät werden. Je nach Witterung bzw. Bedarf wurde der Bestand bewässert und eine händische Unkrautbekämpfung durchgeführt. Ab der zweiten Woche nach der Saat wurde wöchentlich der Feldaufgang ermittelt und die Pflanzenentwicklung bonitiert. Sowohl bei der Pflanz- und also auch bei der Saatvariante wurde über dem Jahresverlauf die Jungpflanzenentwicklung beurteilt sowie der Bodenbedeckungsgrad und der Blattflächenindex (BFI) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

„Bestandesetablierung mittels Pflanzung“

Infolge geringer Dichte und Festigkeit des Wurzelballens beim Pflanzgut kam es zu einem langsamen Anwachsen der Pflanzen bzw. teilweise zu Ausfällen. Auf allen Standorten war ein händisches Nachpflanzen erforderlich, die allerdings im Wachstumsverlauf infolge der Licht- und Wasserkonkurrenz bis zum Ende der ersten Vegetationsperiode zurückblieben. Bis zum Vegetationsende, mit Ausnahme am Standort Strem, kam es zu einem hohen Bodenbedeckungsgrad (Schönfeld und Grabenegg: rund 99%) und zu geschlossenen Beständen. Der Ø BFI im Anlagejahr betrug in Grabenegg 5,35 und in Schönfeld 3,92, was einer hohen Nutzungseffizienz der eingestrahnten Sonnenenergie entspricht. Der schwächere Bestand in Strem ist u.a. auf die anfänglich starke Verunkrautung zurückzuführen, da nur zwei Unkrautbekämpfungen durchgeführt wurden.

Bei der Aussaat konnten geschlossene Pflanzenbestände für die kommenden Nutzungsjahre etabliert werden. Nachteilig ist der hohe Zeit- und Kostenaufwand. Zudem waren auf an allen Standorten hohe Arbeitszeitaufwendungen für die händische Unkrautbekämpfung erforderlich.

„Bestandesetablierung mittels Saat“

Bei der Saat ist der entscheidende Parameter der „Feldaufgang“. Der Feldaufgang beim ersten Aussaattermin lag im Mittel (MW) zwischen 35% und 75%. Als Höchstwert waren bei einer Variante nach drei Wochen 73% der Pflanzen aufgelaufen. Die Jungpflanzenentwicklung war zufriedenstellend. Nach zwei Monaten befinden sich die Pflanzen im 4-Blatt-Stadium (BBCH-Code 14). Die „pillierten Varianten“, die eine Saat mittels Sämaschine ermöglichen, wiesen einen Feldaufgang zwischen 63% und 68% (MW) auf.

Weitere Ergebnisse werden bei der Jahrestagung vorliegen. Die vorliegenden Ergebnisse sind vielsprechend, sodass die Saat zukünftig eine Alternative zur zeit- und kostenintensiven Pflanzung von *Silphium perfoliatum* L. werden könnte. Die Probleme der Unkrautbekämpfung bleiben aufgrund des späten Bestandesschlusses bestehen.

Danksagung

Die Arbeiten sind Teil des Forschungsprojektes „Bioenergy-Silphium“ („Erhöhung der Biomasseproduktion durch *Silphium perfoliatum* L. zur energetischen Verwertung in Österreich“ – Kli.En. Nr.: KR11NE1F00251). Ein Dank gebührt dem Klima- und Energiefonds, der es ermöglicht das Projekt im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchzuführen und 60% der Kosten finanziert. Ein Dank auch der Kwizda Agro GmbH, insbesondere Herrn DI Walter Steinmayr, für die Pillierung der Silphium-Samen.

Literatur

- GANSBERGER M, WEINHAPPEL M, RATZENBÖCK A, MAYR J, LIEBHARD P, 2014: Keimverhalten und Jungpflanzenentwicklung von *Silphium perfoliatum* L. (Durchwachsene Silphie). In: Tagungsband, „Angewandte Forschung – gibt es neue Wege?“, ALVA - Jahrestagung 2014, Wieselburg-Land, 60-62.
- TRÖLENBERG SD, KRUSE M, JONITZ A, 2012: Verbesserung der Saatgutqualität bei der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), In: Nachhaltigkeitsindikatoren für die Landwirtschaft: Bestimmung und Eignung, VDLUFA-Schriftenreihe. 124. VDLUFA-Kongress, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 926-933.

Produktivität städtischen Straßenbegleitgrüns

Meike Piepenschneider, Lutz Bühle und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe/Universität Kassel, Witzenhausen.
E-Mail: gnr@uni-kassel.de

Einleitung

Die Kommunen pflegen das Straßenbegleitgrün unter hohem Kostenaufwand, i. d. R. durch Mulchen, wobei sich die Frequenz am Wachstum orientiert. Als Faustzahl kann von einem drei- bis vierwöchigen Rhythmus während der Vegetationszeit ausgegangen werden. Das anfallende Material wird nicht verwertet. Daher liegen kaum Daten über die potentiellen Erträge dieser Flächen vor. Eine Nutzung der Biomasse zur Energiegewinnung wäre allerdings möglich und könnte die Kosten für die Grünflächenpflege eventuell reduzieren oder sogar neutralisieren. Für die Energiewandlung könnte die Trockenfermentation oder die IFBB-Technologie (Integrated generation of solid fuel and biogas from biomass) genutzt werden, deren Kernelement eine Maischung mit anschließendem Abpressen des Materials ist (Hensgen et al., 2011). Da mit zunehmendem Alter der Biomasse die Verdaulichkeit und damit der Methanertrag sinkt (Prochnow et al., 2009), sollte das Material für die Trockenfermentation häufiger gemäht werden als es für die IFBB-Technologie notwendig ist, die eine thermische Verwertung zum Ziel hat. Um die Ertragspotentiale für beide Verfahren einschätzen zu können, wurden unterschiedliche Schnittregime gewählt (2 Schnitte und 4 Schnitte).

Material und Methoden

Auf 10 über das Stadtgebiet verteilten und als Straßenbegleitgrün klassifizierten Flächen innerhalb der Stadt Kassel wurden jeweils 40 m² in einem 2-Schnitt- und einem 4-Schnitt-Regime gemäht sowie 8-fach gemulcht. Es wurden Ertragsschnitte in 5 cm Höhe von gleichbleibenden Bereichen einer Größe von 50x50 cm² in Triplikaten genommen. Aus einer Teilprobe wurde der TS-Gehalt ermittelt. Zudem wurden die Flächen in der ersten Juliwoche botanisch charakterisiert. Unter der Annahme einer Mähbreite von 1,5 m, eines Biogasertrages von 644 m³ t⁻¹ TM (Heintschel, 2012) mit einem Methangehalt von 54% (KTBL, 2006) und einem Heizwert von 36 MJ m⁻³ wurde die der gewinnbaren Energie entsprechenden Menge Heizöl pro km Straßenbegleitgrün für die 4-Schnittnutzung berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die botanische Charakterisierung der Flächen ergab eine Artenzahl zwischen 14 und 34 pro Fläche und in einer Bedeckung von >10% kamen *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne* und *Trifolium repens* am häufigsten vor.

Die Jahreserträge 2013 waren bei der 2-Schnittnutzung mit 4,8±3,8 t TM ha⁻¹ höher als die Jahreserträge der 4-Schnittnutzung (2,7±1,6 t TM ha⁻¹) und der Mulchvariante (2,3±1,6 t TM ha⁻¹, Abb. 1). Die Unterschiede sind statistisch nicht signifikant. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Heintschel (2012), der auf öffentlichen Grünflächen in einer 4 Schnittnutzung einen Ertrag von 3,8 t TM ha⁻¹ a⁻¹ feststellte. Voigtländer und Jacob (1987) schätzen den Ertrag eines schlecht gedüngten 2-Schnittbestandes auf 2,6-4,3 t TM ha⁻¹ und weisen darauf hin, dass der Ertrag einer typischen Zweischnitt-Glatthaferwiese bereits bei einer Erhöhung der Nutzungsfrequenz von 2

auf 3 Schnitte sinkt. Sehr hohe Nutzungshäufigkeit führe zu einer Förderung von Arten mit niedrigen Wuchshöhen und eingeschränkter Ertragsleistung. Der im Vergleich zu gedüngten besten Bewässerungswiesen niedrige Jahresertrag (Voigtländer und Jacob, 1987) muss daher als realistisch bewertet werden und kann in zukünftige Berechnungen des energetischen Potentials von städtischem Grünschnitt einfließen.

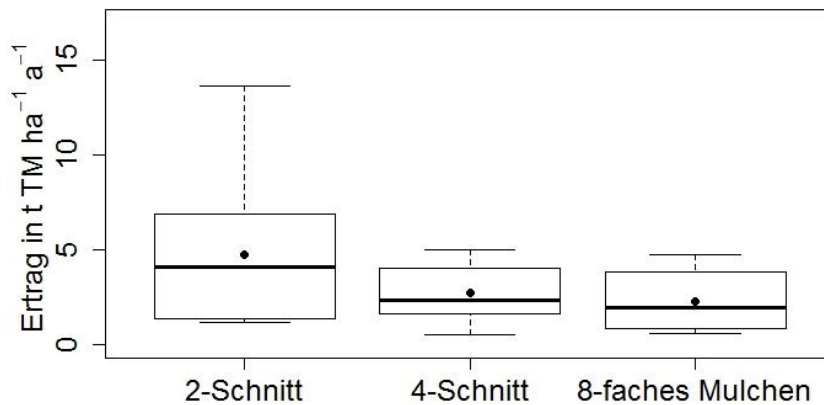


Abb. 1: Jahreserträge in t TM ha⁻¹ auf Flächen des Straßenbegleitgrüns in der Stadt Kassel mit Median (Balken in Box) und arith. Mittel (Punkt). Die Antennen geben die Maximalwerte an.

Aus der im 4-Schnitt-Regime gewonnenen Biomasse könnten auf einem Kilometer Straßenbegleitgrün rund 940 m³ Methan gewonnen werden, was einem Energiegehalt von rund 140 l Heizöl entsprechen. Eine grundlegende Analyse der technischen und logistischen Möglichkeiten wird zu einer differenzierteren Aussage darüber führen, ob sich die Bergung und Nutzung des Materials auch unter Berücksichtigung einer energetischen und ökonomischen Bilanz lohnen kann.

Danksagung

Wir danken der EU für die Co-Finanzierung des COMBINE Projekts (Nr. 299J) durch den Interreg IV B regional development fund und der Stadt Kassel für ihre Unterstützung.

Literatur

- Heintschel S. (2012): Quantifizierung der Biomasse- und Biogaserträge von öffentlichen Grünflächen und Straßenrandstreifen im Landkreis Schwäbisch Hall. Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg.
- Hensgen F., Richter F., Wachendorf M. (2011): Integrated generation of solid fuel and biogas from green cut material from landscape conservation and private households. In: Bioresource Technology 102, 10441-10450.
- KTBL (2006): Energiepflanzen, Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Darmstadt.
- Prochnow A., Heiermann M., Plöchl M., Linke B., Idler C., Amon T., Hobbs P.J. (2009): Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. Biogas. In: Bioresource Technology 100, 4931-4944.
- Voigtländer G., Jacob H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Stuttgart: Ulmer.

Schwermetalle in städtischem Straßenbegleitgrün

Meike Piepenschneider¹, Sofie de Moor², Frank Hensgen¹, Erik Meers²,
Michael Wachendorf¹

¹ Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe/Universität Kassel, Witzenhausen;

² Department of Applied Analytical and Physical Chemistry/Universität Gent, Gent.

E-Mail: gnr@uni-kassel.de

Einleitung

Städtische Restbiomassen sind eine potentielle, aber wenig genutzte Ressource für die Energiegewinnung in Kommunen. Die Grünflächen werden in der Regel gemulcht oder das Material wird kompostiert. Bei beiden Szenarien entstehen Kosten, die durch die Verfahren selbst nicht ausgleichbar sind. Die energetische Verwertung städtischen Grünschnitts mit angepasster Technologie ist zwar möglich, aber Kommunen scheuen die Umsetzung, weil der Schwermetallgehalt des Materials, sowie die ökonomischen und rechtlichen Implikationen unklar sind. Zahlreiche Verwertungspfade sind denkbar. Unsere Untersuchung konzentriert sich auf die Biogas- und IFBB-Technologie (Integrated generation of solid fuel and biogas from biomass). Das Kernelement der IFBB-Technologie ist eine Maischung mit anschließendem Abpressen des Materials (Hensgen et al., 2011). Um die Belastung des Materials durch Schwermetalle zu untersuchen, wurden eine 4-Schnittnutzung (Biogas) und eine 2-Schnittnutzung (IFBB) etabliert und das Material auf seine Cd-, Cr-, Cu-, Mn-, Pb- und Zn-Konzentrationen untersucht. Zudem wurde geprüft, ob sich diese Stoffe mittels des IFBB-Verfahrens reduzieren lassen.

Material und Methoden

Im Jahr 2013 wurden in der Stadt Kassel auf 10 Flächen des Straßenbegleitgrüns jeweils ein 2-Schnitt- und ein 4-Schnitt-Regime etabliert. Die Flächen lagen 3-31m von der nächsten Straße entfernt und das tägliche Verkehrsaufkommen an Werktagen lag zwischen 1.500 und 35.500 Kfz. Von den Flächen wurden Proben in einer Höhe von 5 cm mit Handscheren genommen. Von den Flächen mit 2-Schnittnutzung wurde zudem Silage hergestellt, die nach einer Silierzeit von mind. 6 Wochen mit dem IFBB-Verfahren behandelt wurde (Verarbeitung mittels IFBB-Verfahren wie bei Hensgen et al., 2011). Die Schwermetallkonzentrationen im Rohmaterial der 4-Schnittnutzung sowie im Falle der 2-Schnittnutzung zusätzlich im aufbereiteten IFBB-Brennstoff wurden mit ICP-OES gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentrationen von Cd und Pb lagen in 99% der Proben unterhalb der Nachweisgrenzen von $0,4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ und $4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$. Bezogen auf die 2-Schnitt- und 4-Schnittnutzung waren die Konzentrationen von Cr ($0,66 \pm 0,18 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$, $0,67 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$) und Cu ($7,42 \pm 1,31 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$, $7,98 \pm 1,3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$) im Rohmaterial geringer und die Konzentration von Zn ($38,07 \pm 7,59 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$, $46,81 \pm 21,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$) lag geringfügig höher als in landwirtschaftlichem Referenz-Gras (Abb. 1, Kabata-Pendias, 2011). Mn ($105,94 \pm 104,82 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$, $90,26 \pm 90,32 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$) liegt im Bereich des landwirtschaftlichen Referenzwertes. Die mittleren Konzentrationen aller Elemente liegen unterhalb des Grenzwertes der DIN EN 14961-6 für Pellets aus halmgutartiger Biomasse (Mn wird darin nicht berücksichtigt). Durch das IFBB-Verfahren konnten die Konzentrationen von Mn und Zn im Mittel

unter den landwirtschaftlichen Referenzwert reduziert werden. Die Konzentrationen von Cr und Cu sind indes wahrscheinlich durch Reibungsverluste der Maschinen während der Prozessierung angestiegen. Allerdings liegen auch hier die Werte im IFBB-Produkt (PC) unterhalb der Grenzwerte der DIN. Insofern schließen die Schwermetallgehalte eine energetische Nutzung des städtischen Straßenbegleitgrüns trotz systembedingter Anreicherung mancher Elemente nicht grundsätzlich aus. Daher sollten zukünftig die ökonomischen, ökologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen geklärt werden, unter denen das Material von Grünflächen erfolgreich energetisch verwertet werden kann.

Danksagung

Wir danken der EU für die Co-Finanzierung des COMBINE Projekts (Nr. 299J) durch den Interreg IV B regional development fund und der Stadt Kassel für ihre Unterstützung.

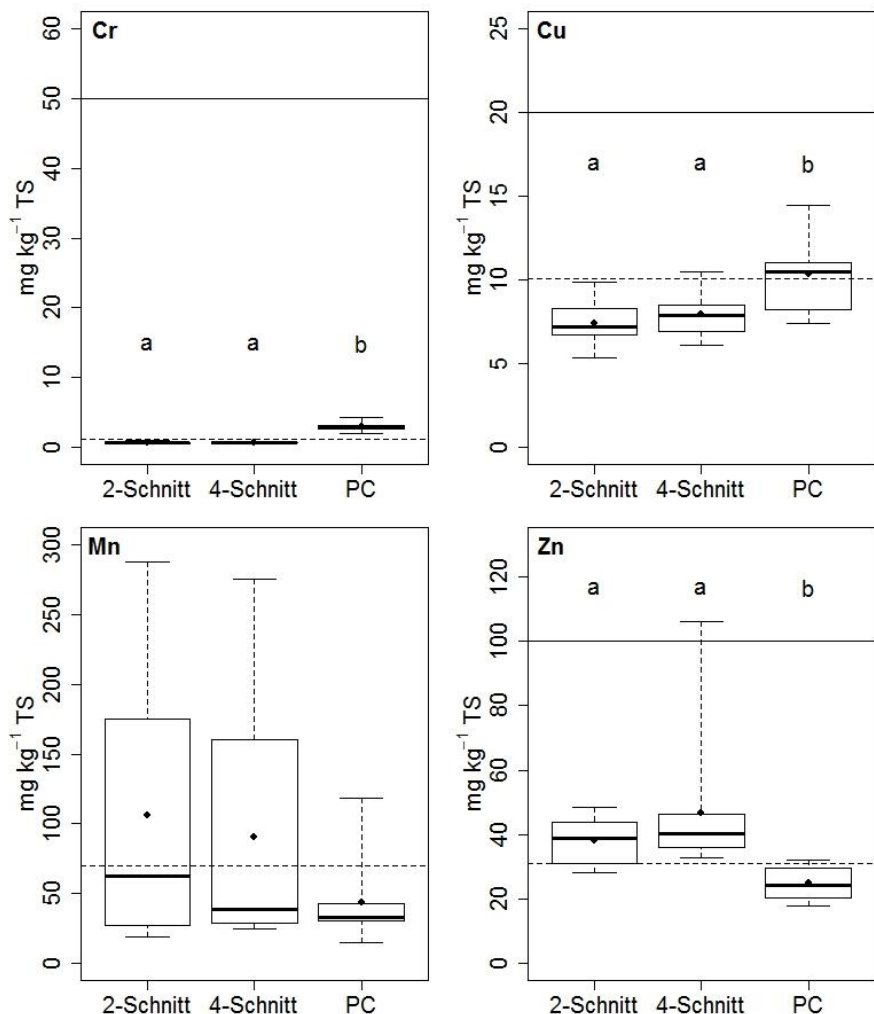
Literatur

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2012): Fest Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und –klassen – Teil 6: Nicht-holzartige Pellets für nichtindustrielle Verwendung; Deutsche Fassung EN 14961-6:2012. Beuth, Berlin.

Hensgen F., Richter F., Wachendorf M. (2011): Integrated generation of solid fuel and biogas from green cut material from landscape conservation and private households. In: Bioresource Technology 102, 10441-10450.

Kabata-Pendias A. (2011): Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton.

Abb. 1: Konzentrationen von Cr, Cu, Mn und Zn mit Median (Balken in Box) und arith. Mittel (Punkt) in Rohmaterial der 2-Schnitt- und 4-Schnitt-nutzung sowie im IFBB-Produkt (PC). Die gebrochene Linie zeigt den landwirtschaftlichen Referenzwert (Kabata-Pendias, 2011) und die durchgezogene Linie den Grenzwert der DIN. Die Antennen bilden die Extremwerte ab. Buchstaben lassen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede erkennen



Klimaoptimierte Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft (Optimierter Klimabetrieb) II

Nicolas H.-R. Ruoss^{1,2}, Reinhard Well¹, Heinz Flessa¹ und Bernhard-Carl Schäfer²

¹Johann-Heinrich von Thünen Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig; ²Fachhochschule Südwestfalen Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. E-Mail: nicolas.ruoss@ti.bund.de

Einleitung

In dem Vorhaben sollen Ansätze zur Reduktion von klimaschädlichen Gasemissionen durch die Landwirtschaft erarbeitet sowie die Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Eckdaten abgeschätzt werden. In der ersten Projektphase standen die Optimierung der Bodenbearbeitung, die Erfassung der Ertragsstabilität, die Ökobilanzierung und die ökonomische Bewertung im Fokus. Dabei wurde die besondere Bedeutung einer optimierten Stickstoffdüngung für die erfolgreiche Einführung einer durchgängigen Direktsaat und die Minimierung des Treibhauspotentials deutlich.

Durch die oben genannten Versuchsansätze sollen realistische Abschätzungen von Emissionsminderungspotentialen vorgenommen werden. Des Weiteren sollen aus dem Projekt Daten für den effizienten Einsatz von Wirtschaftsdüngern (z.B. Mineräldüngeräquivalente), in besonderer Weise für den Einsatz von Gärresten aus Biogasanlagen und der Nutzung von durch Leguminosen fixiertem Stickstoff bei konventioneller Bewirtschaftung, abgeleitet werden.

Material und Methoden

Zur Realisierung dieser Hauptziele erfolgt eine Systemanalyse von drei virtuellen Betrieben (Marktfruchtbetrieb, Viehhaltender Betrieb mit Biogasanlage, optimierter Klimabetrieb), deren Fruchtfolgefelder praxisnah an den Standorten Soest und Braunschweig abgebildet werden. Die Anlage erfolgt in Großparzellen von 1-2 ha, wobei jedes Fruchtfolgefeld von allen Betrieben in jedem Jahr abgebildet wird. Die Bewirtschaftung erfolgt dabei sowohl mit praxisüblicher als auch moderner Spezialtechnik (bspw. Strip-Till im Vergleich zu einer Gärrestunterfußdüngung). Wesentliche Ansatzpunkte zum Erreichen der o.g. Ziele sind dabei die Auflockerung der Fruchtfolge und eine weitere Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität. Die Düngung wird dabei mit Gärresten entsprechend der in den Betrieben anfallenden Nährstoffmengen vorgenommen, die mineralische N-Ergänzungsdüngung aber mit Zu- und Abschlägen gegenüber dem N-Sollwert variiert. Hierdurch können u.a. die oben genannten Mineräldüngeräquivalente abgeleitet werden.

In den Großparzellen erfolgt die Erfassung wichtiger pflanzenbaulicher, bodenkundlicher und klimarelevanter Kenngrößen. Des Weiteren sollen in einer Auswahl der etablierten Systeme Lachgas- und Ammoniakverluste, in Kooperation zwischen dem Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Südwestfalen und dem Thünen-Institut (Institut für Agrarklimaschutz), gemessen werden, um die Höhe der gasförmigen Stickstoffverluste (N_2O , NH_3) in Abhängigkeit von Standorteigenschaften sowie Witterungs- und Ausbringungsbedingungen zu ermitteln.

Die Aussaat des Mais erfolgt in die Stoppeln des Grünroggens. In dieser Projektphase soll am Standort Soest die Aussaat mit dem Strip-Till-Verfahren gegenüber der Cross-Slot-Technik erfolgen. In Deutschland wird bereits in mehreren

Bundesländern (BY, NDS, NRW, ST) an der Einbindung der Strip-Till-Technik in Produktionsverfahren geforscht (Bischoff, 2013; Kowalewsky, 2013a, b). Hintergrund ist die Möglichkeit der Umsetzung eines absätzigen Verfahrens zum Ausbringen organischer Düngemittel und der Aussaat. Im ersten Arbeitsschritt erfolgt eine krumentiefe Lockerung des zukünftigen Saathorizontes bei gleichzeitiger, verlustarmer, Einbringung organischer Düngemittel in den Boden. Im zweiten Arbeitsgang erfolgt die Aussaat von Mais in diesen gelockerten und mit Nährstoffen angereicherten Bereich. Die Umsetzung dieses Verfahrens forciert die Erfüllung eines der zentralen Ziele des Projektes, die Emissionen landwirtschaftlicher Produktion weiter zu reduzieren (Bock und Bensing, 2012; Laurenz, 2012).

In den oben erwähnten Projekten zur Strip-Till-Technik fehlen jedoch konkrete Untersuchungen zur Lachgasemission beim Einsatz bodenschonender Stripp-Till-Technik in Kombination mit Gülleinjektion. Auch Aspekte der Auswirkung langjähriger Direktsaaten auf die Düngewirkung werden nicht untersucht. U.a. diese Lücken sollen mit diesem Projekt geschlossen werden.

Aufgrund der Biogasproduktion ist ein weitgehender Abbau der verfügbaren organischen Substanz erfolgt und ein Großteil des Stickstoffs liegt im Gärrest als Ammonium bzw. aufgrund relativ hoher pH-Werte als Ammoniak vor. Dieser ist bei Ausbringung stark ausgasungsgefährdet (Wragge *et al.*, 2013). Um die gasförmigen N-Verluste zu erfassen werden an beiden Standorten in einer Auswahl der etablierten Systeme und in den Fruchtarten Mais und Weizen Lachgas- und Ammoniakverluste gemessen. Die Messung der Ammoniakverluste erfolgt mit Ammoniaksensitiven Dräger-Röhrchen. Hierüber können dann N-förmige Verluste über Ammoniakemissionen nach Gärrestausrückführung berechnet werden. Die Lachgasmessungen erfolgen wöchentlich und zu besonderen Ereignissen (nach Starkregenereignissen, zu Auftauperioden etc.) mithilfe der geschlossenen Kammermethode. Auf Grundlage dieser Ergebnisse werden dann die Flüsse zu den Lachgasemissionen berechnet. Eng mit den N₂O-Verlusten sind auch N₂-Verluste verbunden. Diese können die Größenordnung der NH₃-Verluste erreichen und sind damit durchaus düngerelevant und werden mit erfasst (Augustin *et al.*, 2013).

Literatur

- Augustin, J.; Hagemann, U.; Drösler, M.; Glatzel, S.; Kage, H.; Pacholski, A.; Mühlhng, K.H. u.a. (2013) Austausch klimarelevanter Spurengase und Veränderungen im Kohlenstoffvorrat des Bodens beim Anbau von Energiepflanzen und dem Ausbringen von Gärresten. FNR-Fachtagung am 20./21.3.2013 in Berlin. <http://www.fnr.de/gaerresttagung2013/>
- Bischoff, J. (2013) Strip Till: So geht's mit Gülle. DLG-Mitteilungen3; 24-27
- Bock, M. und Bensing, T. (2012) Lasst den Boden in Ruhe. Profi 8; 66-71
- Kowalewsky, H.H. (2013a) Verminderung von Emissionen bei der Ausbringung organischer Dünger. Land & Forst (3), 55-57
- Kowalewsky, H.H. (2013b) <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/348/article/21682.html>
- Laurenz, L. (2012) Gülledepot unter Mais im Praxistest. Top Agrar 3, 2012
- Wragge, V.; Sensel-Gunke, K. und Nielsen, K. (2013) Stoffliche Beschaffenheit von Gärprodukten aus Biogasanlagen. FNR-Fachtagung am 20./21.3.2013 in Berlin.

Gesamtphenolgehalte in Weizenkaryopsen in Abhängigkeit von der N-Düngung

Beate Stumpf, Feng Yan, Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Schubertstr. 81, 35392 Gießen. E-Mail: beate.stumpf@ernaehrung.uni-giessen.de

Einleitung

Weizen zählt weltweit zu den wichtigsten Nahrungsgetreidearten. In den Weizenkaryopsen sind vor allem Kohlenhydrate (Stärke), Protein, Fett und Mineralstoffe enthalten. Darüber hinaus kommen darin auch wertvolle sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe vor, die einen wichtigen Beitrag zu einer gesunden Ernährung leisten. Zu diesen Stoffen zählen unter anderem phenolische Verbindungen, die als Antioxidantien wirken und so vor reaktiven Sauerstoffspezies schützen, welche an der Entstehung von Krankheiten wie Diabetes Typ 2 oder Atherosklerose beteiligt sind. Bislang ist nur wenig darüber bekannt, wodurch sich phenolische Verbindungen in Weizenkaryopsen beeinflussen lassen. Diskutiert werden genetische Einflussfaktoren sowie der Einfluss von Umweltbedingungen. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwiefern sich die Höhe der Stickstoff (N)-Düngung auf den Gesamtphenolgehalt in Weizenkaryopsen auswirkt. Die Probenahme erfolgte dabei in drei unterschiedlichen Entwicklungsstadien, um den Verlauf des Gesamtphenolgehaltes während des Reifeprozesses zu beobachten.

Material und Methoden

In einem im Jahr 2012 angelegten Gefäßversuch wurde Wechselweizen (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) der Sorte Thasos als Sommerweizen in kleinen Mitscherlich-Gefäßen kultiviert. Dabei enthielt jedes Gefäß 2 kg Löss-Lehm und 4 kg Sand und wurde mit Kalium, Magnesium, Calcium und Phosphor durch einen Basisdünger optimal versorgt. Die Aussaat erfolgte Anfang April mit 33 Körnern pro Gefäß. Als Prüffaktoren wurden die Menge des als NH_4NO_3 verabreichten N-Düngers und das Entwicklungsstadium der Pflanzen betrachtet. Der erste Prüffaktor umfasste vier Düngungsstufen (0,25, 0,50, 1,00 und 2,00 g N/Gefäß) und der zweite drei Entwicklungsstadien (DC 75 Mitte Milchreife, DC 77 späte Milchreife, DC 85 Teigreife). Nach der Methode von ADOM und LIU (2002) wurden phenolische Verbindungen aus dem Weizenkorn extrahiert und dabei in die drei Fraktionen der (1) freien löslichen, (2) veresterten löslichen und (3) zellwandgebundenen unlöslichen phenolischen Verbindungen getrennt. In jeder Fraktion wurde der Gesamtphenolgehalt mithilfe eines Folin-Ciocalteu-Assays bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gesamtphenolgehalt in Weizenkaryopsen änderte sich sowohl mit Veränderung der N-Düngung als auch mit dem Reifegrad. Dabei fielen die Veränderungen in den einzelnen Fraktionen unterschiedlich stark und zum Teil sogar gegenläufig aus. Während der Gesamtphenolgehalt in der Fraktion der freien löslichen phenolischen Verbindungen, die mengenmäßig den geringsten Anteil ausmachen, mit zunehmender N-Düngung tendenziell leicht anstieg, war in der Fraktion der veresterten löslichen Verbindungen ein signifikanter Rückgang der Gesamtphenole

zu beobachten (Abb. 1). Zellwandgebundene unlösliche Verbindungen veränderten sich mit der N-Düngung kaum.

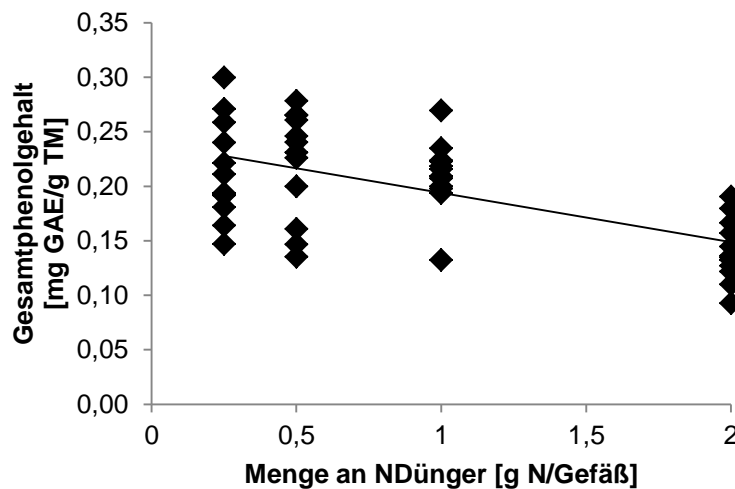


Abb. 6: Korrelation zwischen der Höhe der N-Düngung und dem Gesamtphenolgehalt der Fraktion der veresterten löslichen phenolischen Verbindungen in Weizenkaryopsen. Angaben in mg Gallussäureäquivalente (GAE) pro g TM. $p \leq 0,001$, $r = -0,605$

Mit zunehmendem Reifegrad waren ebenfalls Veränderungen zu beobachten: In dem zweiten hier betrachteten Entwicklungsstadium, der späten Milchreife, erreichte der Gesamtphenolgehalt in der Fraktion der freien löslichen Verbindungen ein Maximum. Bei den veresterten löslichen Verbindungen war die gleiche Tendenz festzustellen, wobei die Unterschiede zwischen später Milchreife und Teigreife hier nicht signifikant waren. Die Fraktion der zellwandgebundenen unlöslichen phenolischen Verbindungen zeigte den höchsten Gesamtphenolgehalt bereits in der mittleren Milchreife.

Insgesamt ist festzustellen, dass die drei verschiedenen Fraktionen phenolischer Verbindungen unterschiedlich auf ein erhöhtes N-Angebot reagieren und auch der Gesamtphenolgehalt für jede Fraktion einen spezifischen Verlauf während der Kornreife aufzeigt. Von besonderem Interesse ist die zweite Fraktion, da sie mengenmäßig stärker vertreten ist als die erste Fraktion und man von einer besseren Bioverfügbarkeit als bei der dritten Fraktion ausgeht. Somit scheint eine übermäßige N-Düngung neben den bekannten negativen Auswirkungen auf die Umwelt auch den Gehalt wertgebender sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe zu vermindern.

Literatur

ADOM, K. K.; and LIU, R. H. (2002): Antioxidant Activity of Grains. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6182–6187

Resultate eines Klimakammerexperiments zur Wirkung von Hitzestress während der Anthese auf das Kornwachstum bei Weizen

Josephine Haensch¹, Hans-Joachim Weigel² und Remigius Manderscheid²

¹M.Sc. Geoökologie; ²Institut für Biodiversität/Thünen-Institut, Braunschweig.
E-Mail: josephine.haensch@gmx.de

Einleitung

Der Ertrag von Weizen ist maßgeblich vom Erfolg der Befruchtung und der anschließenden Kornfüllung abhängig. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sollen Lufttemperaturen von ≥ 30 °C zur Anthese bereits die Befruchtung beeinträchtigen und zu Ertragsminderungen führen^[1]. Für die Kornfüllung bei Weizen werden in verschiedenen Experimenten Lufttemperaturschwellenwerte zwischen 30 und 40 °C^[2] und teilweise über 40 °C genannt^[3].

Im Hinblick auf die zukünftigen klimatischen Veränderungen könnte die erhöhte Häufigkeit kurzzeitig auftretender Hitze^[4] eine Gefahr für den Weizenertrag darstellen. Schon im Jahr 2013 wurden an drei Tagen im Juni während der Blüte des Winterweizens Temperaturen von bis zu 34 °C in Deutschland beobachtet.

Das Ziel dieser Arbeit war die genauere Analyse des Schwellenwertes, oberhalb dessen es zur Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit der Ähre kommt. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse dieser Arbeit der genaueren Eingrenzung des Zeitfensters der höchsten Sensitivität der Ähre gegenüber Temperaturen über 30 °C dienen.

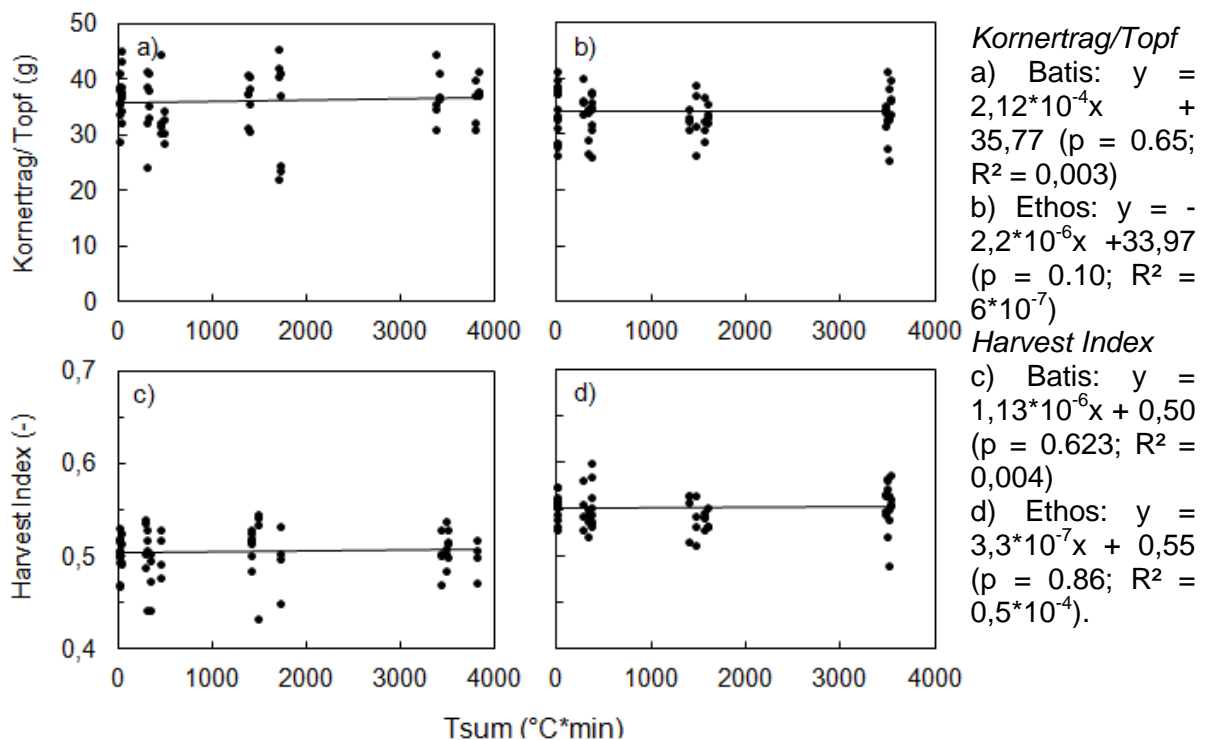
Material und Methoden

Für das Hitzestressexperiment wurden zwei genetisch ähnliche Weizensorten (Batis und Ethos) verwendet. Die Pflanzen wurden ausreichend bewässert und an 5 aufeinanderfolgenden Tagen für jeweils 5 Stunden in zwei Klimazellen des Thünen-Instituts Braunschweig Temperaturen über 30 °C ausgesetzt. Aus den in der Kammer im Bestand auf Höhe der Ähren gemessenen Temperatur (ventilierte PT100, Deutscher Wetterdienst) konnte über den Temperatursummenansatz^[5] die Temperatursumme oberhalb von 31 °C hergeleitet werden. Über die berechneten Temperatursummen jeder Behandlungsgruppe wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung zu den Ertragskomponenten Kornzahl, mittleres Einzelkorngewicht (EKG), Kornertrag, Harvest Index (Kornbiomasse/oberirdische Gesamtbio­masse) und Fertilität (ungefüllte Spindelstufen/Gesamtanzahl Spindelstufen) hergestellt.

Die statistische Analyse des Zusammenhangs zwischen der Temperatursumme und den Ertragsparametern wurde in „R“ mit den Packages „NLME“ und „GLM“ durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittliche Ährenmasse wurde nicht durch erhöhte Temperatur oder den Zeitpunkt der Behandlung während der Anthese beeinflusst (Daten nicht dargestellt). Die Kornerträge unterscheiden sich zwischen Batis und Ethos kaum, allerdings konnte ein sortentypischer Unterschied in der Quantität von Kornzahl und EKG beobachtet werden. Ethos wies eine höhere Kornzahl, dafür ein niedrigeres EKG auf, wohingegen Batis umgekehrte Größenverhältnisse zeigte.



Insgesamt konnten keine statistisch signifikanten Veränderungen der Ertragskomponenten durch erhöhte Temperaturen festgestellt werden (Vgl. Abbildung zu Kornertrag und Harvest Index). Allerdings waren Effekte andeutungsweise auf die Kornzahl (leichter Abfall) und das Einzelkorngewicht (kein Effekt oder leichter Anstieg) erkennbar (Daten nicht dargestellt).

Die geringe Reaktion der Pflanzen auf Hitzestress in diesem Versuch lässt vermuten, dass Lufttemperaturen bis zu 36 °C keine signifikante Minderung des Ertrages bewirken solange die Wasserversorgung ausreichend ist, weil dann die Transpirationskühlung die Temperatur der Pflanze heruntermindert.

Literatur

- [1] Ferris, R., Ellis, R. H., Wheeler, T. & Hadley, P., 1998. Effect of High Temperature Stress at Anthesis on Grain Yield and Biomass of Field-grown Crops of Wheat. *Annals of Botany* 82, pp. 631 - 639.
- [2] Stone, P. J. & Nicolas, M. E., 1995. A survey of the effects of high temperature during grain-filling on yield and quality of 75 wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 46/3, pp. 475 - 492.
- [3] Hawker, J. S. & Jenner, C. F., 1993. High temperature affects the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm. *J. Plant Physiol.* 20, pp. 197 - 209.
- [4] IPCC, 2013. *Summary for Policymakers. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- [5] McMaster, G. S., 2005. "Phytomers, phyllochrons, physiology and temperate cereal development". *Journal of Agricultural Science* 143, pp. 137 - 150.

Einfluss des Entspelzungsverfahrens auf die Keimfähigkeit von Dinkel zur Saatguterzeugung

Martin Müller, Ernst Albrecht Weber, Wilhelm Claupein

Universität Hohenheim/Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 70599 Stuttgart.

E-Mail: *Ernst.Albrecht.Weber@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Die Aussaat von entspelzten Dinkelkörnern bietet im Vergleich zur Vesensaat deutliche Vorteile hinsichtlich der Vermeidung von Komplikationen beim Sävorgang, der Verteilgenauigkeit und der Möglichkeit zur Beizung. Beim technischen Entspelzen kann jedoch der Keimling beschädigt werden, was zu einer Verminderung der Keimfähigkeit des Dinkelsaatguts führen kann. In der vorgestellten Studie wurde deshalb der Einfluss verschiedener Entspelzungsverfahren auf die Keimfähigkeit zweier Winterdinkelsorten (Z-Saatgutqualität) untersucht.

Material und Methoden

Untersucht wurde die Keimfähigkeit der Vesen (Kontrolle) und von Körnern aus folgenden Entspelzungsverfahren: Handentspelzung, Entspelzung mit einem Unterläufer mit Hartgummibeschichtung, Entspelzung mit einem Universalschäler (Fliehkraftentspelzer; 3 Einstellungen: 45 Hz; 55 Hz; 65 Hz) und mithilfe eines Dinkelschälers. Nach der Entspelzung wurden die Körner in drei Korngrößenfraktionen ($x < 2,5$ mm „small“; $2,5 < x < 2,8$ mm „medium“; $x > 2,8$ mm „large“) aufgeteilt. Der Keimtest wurde nach ISTA-Standard (ISTA 2013) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Feuchtigkeitsgehalte beider Sorten waren mit 10 % und 5 % gering (nicht dargestellt). Die maschinellen Entspelzungsverfahren führten in Abhängigkeit von Sorte und Korngröße zu Keimfähigkeiten zwischen 14 und 92% (Abb. 1).

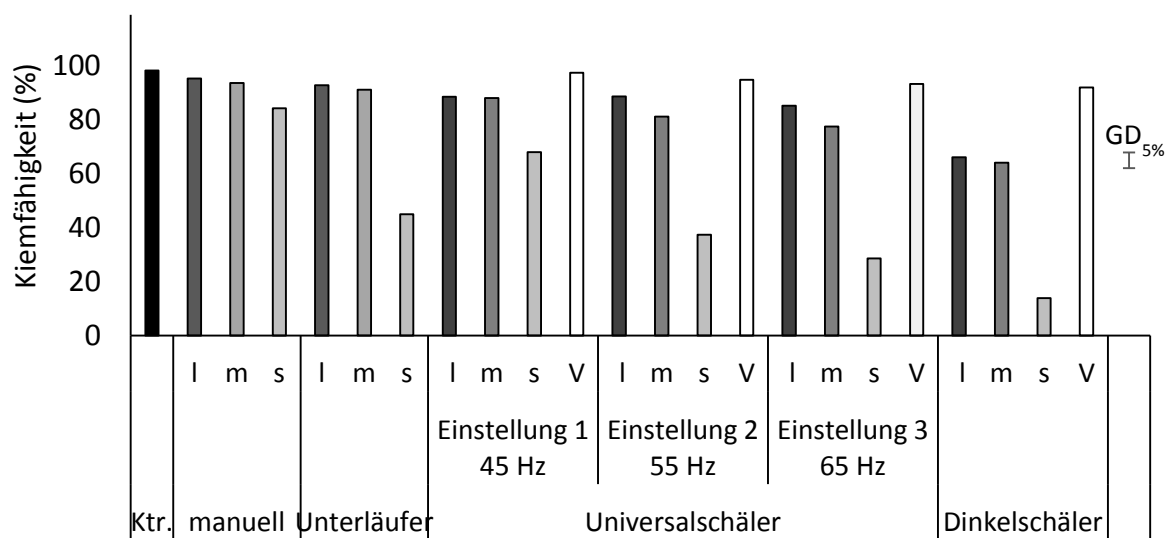


Abbildung 1: Prozentuale Keimfähigkeit [%] verschiedener Fraktionen der Sorte Badenstern in Abhängigkeit der Behandlung. V=Vesen, I=“large“=Korngrößenfraktion > 2,8 mm Durchmesser, m=“medium“=Korngrößenfraktion 2,5-2,8 mm Durchmesser,

s="small"=Korngrößenfraktion < 2,5 mm Durchmesser. GD=Grenzdifferenz bei $\alpha=5\%$.

Vor allem Körner aus der kleinsten Korngrößenfraktion zeigten deutlich geringere Keimfähigkeiten als größere Körner. Mögliche Ursachen waren eine generell geringere Keimfähigkeit kleiner Körner, hohe Anteile an Bruchkorn und ein erhöhtes Beschädigungspotenzial kleiner Körner. Durch Absieben und Verwerfen der kleinsten Kornfraktion ließ sich deshalb die prozentuale Keimfähigkeit einer Partie je nach Anteil mehr oder weniger erhöhen (Tab. 1). Im Mittel über beide Sorten erwies sich der Universalschäler bei einer Frequenz von 45 Hz unter Berücksichtigung der Anteile der Korngrößenfraktionen mit einer Keimfähigkeit von 90% als die schonendste maschinelle Entspelungsmethode (Tab. 1).

Tabelle 1: Gegenüberstellung des Entspelungsgrads für die Winterdinkelsorten Badenkrone und Badenstern [%] (Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander) und der prozentualen Keimfähigkeit in Abhängigkeit der Behandlung berechnet aus den Anteilen der Korngrößenfraktionen im Mittel über die beiden Sorten Badenkrone und Badenstern [%] (Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich innerhalb einer Spalte nicht signifikant voneinander). Einstellung 1: 45 Hz; Einstellung 2 55 Hz; Einstellung 3: 65 Hz.

| Behandlung: | Sorte: Form: | Entspelungsgrad [%] | | Keimfähigkeit [%] | | |
|----------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|---------|---------|
| | | Baden- krone | Baden- stern | Mittelwert über die beiden Sorten | | |
| | | | | I+m+s** | I+m** | |
| Kontrolle | Vesen | - | - | 97,3 A | - | |
| manuell | Körner | 100* | 100* | 93,8 AB | 94,9 A | |
| Unterläufer | Körner | 99,9 A | 99,9 A | 84,1 EF | 89,8 B | |
| Universal- schäler | Einstellung 1 | Körner | 16,7 G | 46,8 E | 89,5 CD | 90,1 AB |
| | | Vesen | - | - | 95,8 AB | - |
| | Einstellung 2 | Körner | 31,2 F | 65,9 D | 86,5 DE | 87,8 BC |
| | | Vesen | - | - | 95,8 AB | - |
| | Einstellung 3 | Körner | 44,0 E | 80,8 C | 81,4 F | 83,5 C |
| | | Vesen | - | - | 93,2 BC | - |
| Dinkel- schäler | Körner | 88,5 B | 93,1 B | 61,4 G | 68,2 D | |
| | Vesen | - | - | 92,0 BC | - | |
| Grenzdifferenz bei $\alpha=0,05$ | | | 6,5 | 4,1 | 4,8 | |

*methodenbedingt **I = "large" = Korngrößenfraktion > 2,8 mm Durchmesser, m = "medium" = Korngrößenfraktion 2,5-2,8 mm Durchmesser, s = "small" = Korngrößenfraktion < 2,5 mm Durchmesser

Die derzeit gültigen Mindestkeimfähigkeitsanforderungen von 92% konnten allerdings bei keiner der beiden Sorten erreicht werden. Inwiefern eine Anhebung des Feuchtigkeitsgehaltes des Ausgangsmaterials durch Netzen zu einer verringerten Beschädigung beitragen kann, bleibt in weiteren Untersuchungen zu prüfen.

Literatur

ISTA, 2013. (International Seed Testing Association). Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut 2013. ISTA, Bassersdorf, Schweiz

Stößt eine gabenreduzierte N-Düngung mit KAS zu Winterweizen auf Hohertragsstandorten an ihre Grenzen?

Michaelis, A.H., Makary, T., Schulz, R., Müller, T.

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fg. Düngung und Bodenstoffhaushalt (340i) Universität Hohenheim 70593 Stuttgart, E-Mail: Anna.Michaelis@uni-hohenheim.de

Einleitung

Die dreigeteilte N-Düngung zu Winterweizen ist eine weit verbreitete Düngungsstrategie. Besonders die erste Teilgabe zu Vegetationsbeginn BBCH 23-27 erschien in der Vergangenheit wichtig, um gerade bei Bestandsdichtetypen hohe Ertragsziele zu erreichen. Die einmalige Applikation von Stickstoff in Form von KAS in Winterweizen könnte aufgrund der neuen kompensationsfähigen Sorten eine Möglichkeit sein, Arbeitsabläufe zu rationalisieren.

Ziel dieser Arbeit war es, die einmalige/vereinfachte Applikation von KAS in Winterweizen hinsichtlich Ertrags- und Qualitätssicherung auf einer tiefgründigen Braunerde unter den Klimabedingungen der nordelbischen Geest im Vergleich zu einer dreigeteilten/ konventionellen N-Düngung zu untersuchen.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen war eine randomisierte Blockanlage mit vier Varianten und drei Wiederholungen mit der Sorte JB Asano. Die durchschnittlichen Niederschläge betragen 707mm bei einer mittleren Jahrestemperatur von 9°C. Der Bodentyp ist eine tiefgründige Braunerde. Bei der Bodenart handelt es sich um lehmigen Schluff (55 Bodenpunkte).

Verglichen wurden die Variante 3*KAS (betriebsüblich) mit den Varianten 1*KAS-früh und 1*KAS-spät bei gleichem N Düngungsniveau. Bei Variante 1 wurde im Versuchszeitraum kein N-Dünger appliziert (vgl. Tab. 1). Zur Ernte wurden die Kornerträge und Rohproteingehalte gemessen. Darüber hinaus wurde eine Ertragsstrukturanalyse mit den Messgrößen „Ährentragende Halme“, „Tausendkornmasse“ (TKM) und „Körner je Ähre“ durchgeführt.

Zudem wurden nach der Ernte Bodenproben entnommen und N_{\min} -Gehalte gemessen. Außerdem wurde die N-Abfuhr über das Korn berechnet.

Tabelle 1- N-Menge sowie Terminierung (BBCH) der Düngung mit KAS in kg N ha^{-1}

| Nr. | Variante | BBCH 25/27 | BBCH 29/31 | BBCH49/51 |
|-----|------------------------|---|---|---------------------------------|
| 1 | ohne N | - | - | - |
| 2 | 3*KAS (betriebsüblich) | 30% 69 kg N ha^{-1} | 40% abzgl. N_{\min} 0 kg N ha^{-1} | 30% 69 kg N ha^{-1} |
| 3 | 1*KAS-früh | 100% abzgl. N_{\min} 137,5 kg N ha^{-1} | - | - |
| 4 | 1*KAS-spät | - | 100% abzgl. N_{\min} 137,5 kg N ha^{-1} | - |

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten zwischen den gedüngten Varianten weder im Ertrag noch im Rohproteingehalt signifikante Unterschiede (Mittel der gedüngten Varianten: 10,7 t ha⁻¹ SE ± 2,68; 11,9% RP in der TS, SE ± 0,23; Mittel der nicht mit N gedüngten Kontrollvariante: 7,9 t ha⁻¹, SE ± 2,68; 10,2% RP in der TS, SE ± 0,23). Dies deutet an, dass die heutigen Sorten in der Lage sind, sich an eine in der Aufteilung variierende N-Versorgung anzupassen. Dies ermöglicht es der Pflanze, auch eine zeitlich begrenzte suboptimale N-Versorgung auszugleichen.

Auffallend waren die nur um ca. 2 t niedrigeren Kornerträge der mit N ungedüngten Variante im Vergleich zu den gedüngten Varianten. Scheinbar verfügt der Standort, aufgrund einer langjährigen organischen Düngung, über ein hohes N-Nachlieferungspotenzial. Dieses höhere N-Nachlieferungspotenzial könnte ein weiterer Grund dafür sein, dass die vereinfachte Variante 1*KAS-spät zu ähnlich hohen Erträgen wie die Variante 3xKAS (betriebsüblich) führte. Auch hier könnte der unter Umständen auftretende N-Mangel zu Vegetationsbeginn durch den hohen bodeneigenen N-Pool ausgeglichen worden sein.

Die Ergebnisse lassen dennoch vermuten, dass der Applikationszeitpunkt von größerer Bedeutung für hohe Erträge ist, als die Gabenaufteilung. Dies deckt sich mit den Versuchsergebnissen von Alcoz et al. (1993, S.1201). Die N-Abfuhr über das Korn und Stroh zeigte zwischen den vereinfachten Varianten und der betriebsüblichen dreigeteilten KAS-Düngung keine Unterschiede. Der gesamte N-Entzug lag bei den gedüngten Varianten bei etwa 230 kg ha⁻¹. Demnach besteht bei den gabenreduzierten Verfahren kein erhöhtes Risiko einer Nitratverlagerung außerhalb der Vegetationsperiode.

Bei der Variante KAS- früh wurde die gesamte Düngemenge von 137,5 kg N ha⁻¹ am 15. März 2013 appliziert. Der frühe Düngezeitpunkt könnte eine Erklärung dafür sein, warum diese Variante deutlich mehr N in den vegetativen Teil des Getreides (Stroh) einlagerte, als beispielsweise die Variante KAS- spät (Maidl et al., 1996, S.256). Bei dieser Variante wurde die KAS-Düngung vier Wochen später am 23. April 2013 vorgenommen. Lagerneigung konnte bei keiner Variante festgestellt werden.

Wie den Ergebnissen zu entnehmen ist, führt eine vereinfachte N-Düngung mit KAS bei Winterweizen zu vergleichbar hohen Erträgen und Rohproteingehalten wie die etablierte dreigeteilte Düngung. Für Betriebe auf vergleichbaren Standorten stellt die vereinfachte Düngung deshalb eine sinnvolle Alternative zur bisher betriebsüblichen drei geteilten Düngung dar.

Literatur

- Alcoz, M.M., Hons, F.M., Haby, V.A. (1993): Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. In: *Agronomy Journal*, Band 85, Nummer 6, S. 1198 – 1203.
- Maidl, F.X., Stickse, E., Retzer, F., Fischbeck, G. (1998): Effect of varied N-fertilization on yield formation of winter wheat under particular consideration of mainstems and tillers. In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, Ausgabe 180, Band 1, S. 15 - 22.

Kompensationsvermögen von Winterweizensorten bei Dünn- und Spätsaaten

Franz-Ferdinand Gröblichhoff und Bernhard C. Schäfer

Fachhochschule Südwestfalen, FB. Agrarwirtschaft Soest. groeblichhoff.franz-ferdiand@fh-swf.de

Einleitung

Mit einer standort- und saatzeitangepassten Aussaatmenge wird die Grundlage für hohe und sichere Erträge gelegt. Suboptimale Pflanzendichten können vom Weizen durch eine stärkere Bestockung sowie einen höheren Einzelährenertrag (Kornzahl je Ähre und TKM) kompensiert werden. Ziel der Versuchsserie ist die Abschätzung des Kompensationsvermögens einzelner Sorten in Abhängigkeit von der Saatzeit und der Fruchtfolgestellung sowie der Jahreswitterung.

Material und Methoden

In den Jahren 2010 bis 2014 wurden auf dem Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen (Pseudogley-Parabraunerde, Bodenart Ut2 –Ut3, 70-75 BP, mittlerer Jahresniederschlag 750 mm, Jahresmitteltemperatur 9,0°C) die Kompensationsmöglichkeiten einer unzureichenden Saatstärke bei Winterweizensorten bei einer zusätzlichen Variation der Umwelt (Saatzeit und Vorfrucht) untersucht. Die geprüften Faktoren und Faktorstufen sowie die Einstufung der Sorten durch das BSA sind den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen (n=4).

Tab. 1: Versuchsfaktoren des Feldversuches Kompensationsvermögen 2010-2014

| Faktor | Variation |
|----------------------|---|
| 1. Sorte | 1. Winnetou (2010-2014) 2. Hybnos 1 (2010-11), Hybery (2012-2014) 3. Boomer (2010-2012), Look (2013) Elixer (2014) 4. JB Asano (2010- 2014) 5. Tabasco (2010-2012), Tobac (ab 2013) 6. Manager (2010-2014) |
| 2. SaatTermin | 1. normal (Okt.) 2010-2014, 2. spät (Nov.) 2010,2011, 2013, 2014) |
| 3. Vorfrucht | 1. Blattfrucht 2010 – 2014, 2. Weizen 2011 und 2012) |
| 4. SaatMenge | 1. 150 Körner/m ² (2010 – 2014) 2. 280 Körner/m ² (2010 – 2014) |
| 5. Jahr | 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 |

Tab. 2: BSA-Einstufung der mehrjährig geprüften Winterweizensorten (BSA 2013)

| Sorte | Bestandesdichte | KZ/Ä | TKM | Ertrag Stufe 1 | Ertrag Stufe 2 | Qualitäts-Einstufung |
|---------------------|-----------------|------|-----|----------------|----------------|----------------------|
| Hybnos | 4 | 8 | 6 | 7 | 8 | B |
| Hybery | 4 | 8 | 5 | 6 | 7 | B |
| JB Asano | 5 | 5 | 8 | 7 | 8 | A |
| Manager | 6 | 6 | 4 | 7 | 6 | B |
| Winnetou | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | C |
| Tabasco | 5 | 8 | 4 | 7 | 7 | Ck |
| Tobak | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | C |
| Boomer *BSA 2011 | 6 | 5 | 4 | 6 | 7 | A |

Ergebnisse und Diskussion

Beispielhaft zeigt die Abbildung 1 die Ertragsstruktur und das Ertragsergebnis von Winterweizensorten in den Jahren 2010-2013 nach einer Blattfrucht auf eine verzögerte Saat. Während die Erträge signifikante Haupt- und nur wenige signifikante Wechselwirkungen zeigen, werden die Kompensationsmöglichkeiten der Sorten in der Ertragsstruktur deutlich. Weitere Details werden im Poster dargestellt.

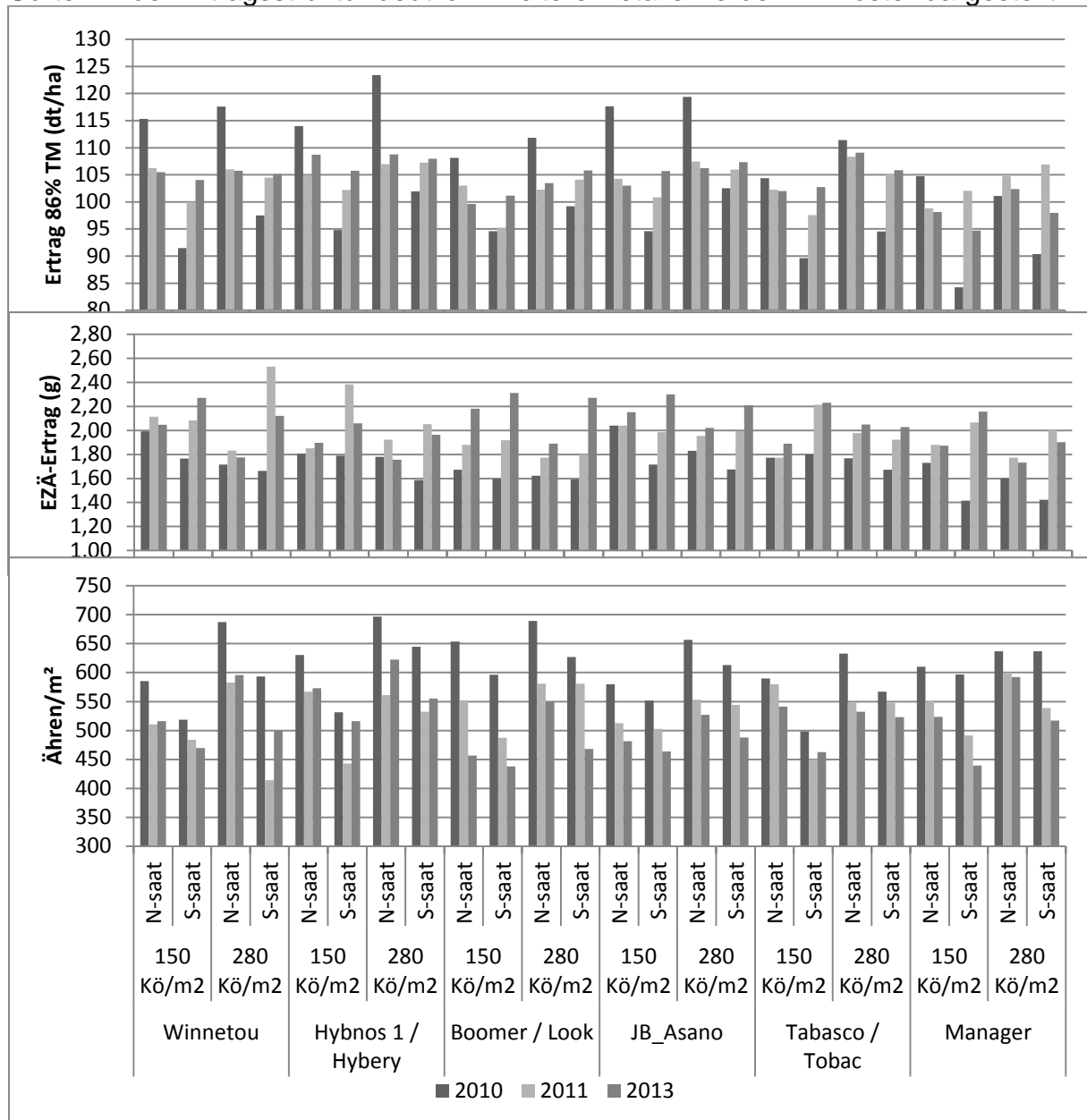


Abb. 1: Ertrag und Ertragsstruktur von Winterweizensorten bei differenzierten Saatzeiten und -mengen nach Blattfrüchten (Ertrag GD 5% J*S*M*T = n.s.; Best.Dichte GD 5% J*S*M*T= 49 Ähren/m², Einzelähren-Ertrag (EZÄ-E) GD5%= J*S*M*T= 0,2g.

Literatur

Bundessortenamt (Hrsg.) 2013: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Hannover 2013.

Einfluss von Trockenstress auf die Bestandsarchitektur von 16 Gerstengenotypen

Angulo C., Stützel H.

Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover. Email: angulo@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Infolge des Klimawandels werden längere und/oder stärker ausgeprägte Trockenperioden erwartet (Challinor et al., 2010; Parry et al., 2004; Rosenzweig and Parry, 1994). In diesem Zusammenhang müssen landwirtschaftliche Produktionssysteme an verringerte bzw. unregelmäßigere Wasserversorgung angepasst werden, um die von der Welt benötigte Lebensmittelmenge stetig erzeugen zu können (Araus et al., 2008, 2002).

Unzureichende Wasserversorgung und die daraus entstehende Trockenheit kann sowohl strukturelle als auch funktionelle Bestandseigenschaften beeinträchtigen. Zu den strukturellen Eigenschaften, die Auswirkungen auf die Trockenmasseproduktion eines Bestandes haben, werden die stomatäre Leitfähigkeit (r_s) (Tardieu et al., 2010) und die maximale Photosyntheserate (P_{max}) (Lawlor, 2002) gezählt. Andererseits sind Blattfläche, Blattwinkel und optische Oberflächeneigenschaften die drei Hauptmerkmale der Architektur eines Pflanzenbestandes, welche die Produktivität beeinflussen. Die Blattfläche eines Gerstenbestandes wird durch die Anzahl der Triebe (Bestockungsdichte), die Blattzahl pro Trieb und die Einzelblattfläche bestimmt. Diesbezüglich wird in der Forschung einvernehmlich davon ausgegangen, dass der Einfluss von Trockenstress sich früher auf Blattwachstum und -entwicklung als auf photosynthetische Leistung auswirkt (Araus et al., 2002), und daher spielen Blattflächenwachstum und Blattflächendauer eine wichtige Rolle für die Erhaltung des Ertrags unter Wasserstressbedingungen (Richards, 2000).

Genauere Kenntnisse darüber, inwieweit sich verschiedene Sommergerstengenotypen in ihrer Reaktion auf Trockenstress bezüglich Blattflächenwachstums und Lichtaufnahme unterscheiden, könnten die Grundlage für eine mechanistische Modellierung des Einflusses der Trockenheit auf Bestandsebene darstellen.

Material und Methoden

Folgender Versuch wurde am Versuchsstandort Herrenhausen (Hannover-Niedersachsen, DE) angelegt. Sechzehn Sommergerstengenotypen werden in Kleinparzellen in zwei Blöcken angebaut. In beiden Blöcken wird Niederschlagswasserversorgung bis einige Wochen vor Eintritt vom BBCH-Entwicklungsstadium 49 (Grannenspitzen) angeboten. Durch Einsatz von Rollhäusern wird Niederschlag für beide Blöcke nicht mehr zugelassen, damit Trockenstress bei BBCH 49 eintritt. Block 1 (B1) wird nicht bewässert und Block 2 (B2) wird ausreichend bewässert. Um den Bodenwassergehalt erfassen zu können, werden TDR-Sonden in jeder Parzelle in einer Tiefe von 30 bis 50 cm unter der Bodenoberfläche angebracht. Für jede Sorte wird ab BBCH 11 (1-Blatt-Stadium) täglich die Blattlänge an einem bestimmten Blatt gemessen. Ab BBCH 49 wird zusätzlich 14-tägig der Blattflächenindex (LAI) gemessen. Anhand der erfassten morphologischen Parameter (Blattlänge und LAI) können Aussagen über die

Unterschiede des Trockenheitseinflusses auf die Bestandsarchitektur der sechzehn Genotypen getroffen werden.

Der Versuch wird im Frühling und Sommer der Jahren 2013 und 2014 ausgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Alle Ergebnisse werden erst nach Vollendung der Messungssaison im zweiten Jahr zusammengestellt und ausgewertet. Sie werden auf dem Plakat mit dem Titel dieser Zusammenfassung vorgestellt.

Literatur

- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C., 2002. Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: What Should We Breed For? *Ann. Bot.* 89, 925–940. doi:10.1093/aob/mcf049
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C., Serret, M.D., 2008. Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27, 377–412. doi:10.1080/07352680802467736
- Challinor, A.J., Simelton, E.S., Fraser, E.D.G., Hemming, D., Collins, M., 2010. Increased crop failure due to climate change: assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. *Environ. Res. Lett.* 5, 034012 (8pp). doi:10.1088/1748-9326/5/3/034012
- Lawlor, D.W., 2002. Limitation to Photosynthesis in Water - stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. *Ann. Bot.* 89, 871–885. doi:10.1093/aob/mcf110
- Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G., 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environ. Chang.* 53–67.
- Richards, R.A., 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot.* 51, 447–458. doi:10.1093/jexbot/51.suppl_1.447
- Rosenzweig, C., Parry, M.L., 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367, 133–138.
- Tardieu, F., Parent, B., Simonneau, T., 2010. Control of leaf growth by abscisic acid: hydraulic or non-hydraulic processes? *Plant Cell Environ.* 33, 636–647. doi:10.1111/j.1365-3040.2009.02091.x

Auswirkungen von Standort und Bewirtschaftung auf den Ertrag von Winterweizen

Untersuchungen in ökologischen und konventionellen Praxisbetrieben in
zwei Anbauregionen Deutschlands

F. J. Forster, H. J. Reents, H. Schmid und K.-J. Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München,
Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Freising. E-Mail: felix.forster@mytum.de

Einleitung

Aktuell findet eine intensive Diskussion zu den Ertragsunterschieden zwischen ökologischem und konventionellem Landbau statt (de Ponti et al. 2012, Seufert et al. 2012). Meist stützen sich Untersuchungen zu diesem Thema auf Daten aus Feldversuchen. Aus Praxisbetrieben liegen jedoch nur sehr wenige vergleichbare Studien vor. Zudem fehlen umfassendere Untersuchungen, die den Einfluss der Betriebsstruktur, im Speziellen den Einfluss einer vorhandenen oder nicht vorhandenen Tierhaltung, auf den Ertrag betrachten. Die Auswirkungen von Wirtschaftsweise und Betriebsstruktur auf die Erträge von Praxisbetrieben waren daher Gegenstand der Untersuchungen dieser Arbeit. Zudem wurden Betriebe aus zwei Regionen in Deutschland, aus Nordrhein-Westfalen (West) und aus Bayern (Süd), verglichen. Es erfolgte eine Betrachtung der Kultur Winterweizen, da diese aufgrund ihres Anbauumfangs eine besondere Bedeutung besitzt.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projekts „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme“ wurden auf 29 Betrieben umfassende Daten zur Bewirtschaftung erhoben. Die Betriebe ließen sich in reine Marktfruchtbetriebe und Milchviehbetriebe unterteilen. Der Einfluss von Betriebsstruktur, Region und Wirtschaftsweise wurde in Form von Mittelwertsvergleichen überprüft. Mittels Regressionsanalysen sowie mithilfe Gemischt-Linearer Modelle wurden die Auswirkungen von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren analysiert. Pro Betrieb wurden 1-3 Jahre mit Winterweizenanbau betrachtet.

Ergebnisse und Diskussion

Besonderer Fokus lag auf dem Vergleich von ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise. Hierbei ergab sich eine mittlere Ertragsrelation (Ertrag ökologisch * Ertrag konventionell¹) von 0,54 für Winterweizen. Gleichzeitig fand sich in den konventionellen Betrieben eine deutlich höhere Stickstoffzufuhr als in den ökologischen Betrieben. Zudem konnte ein positiver Einfluss der Pflanzenschutzintensität auf den Ertrag gezeigt werden. Die konventionellen Betriebe ohne Tierhaltung erzielten höhere Erträge als die viehhaltenden Betriebe, speziell in der Region Süd (Abb. 1), was sich auf eine niedrigere Bewirtschaftungsintensität zurückführen ließ. Bei den Öko-Betrieben waren nur geringe Unterschiede erkennbar, da hier auch die viehlosen Betriebe organischen Dünger zur Verfügung hatten. Des Weiteren zeigten sich in ökologischen als auch in konventionellen Betrieben höhere Erträge in Nordrhein-Westfalen (NRW) als in Bayern, was hauptsächlich durch die günstigeren Klimabedingungen begründet werden konnte.

Hier ist vor allem die höhere Wintertemperatur in NRW zu nennen, welche einen signifikant positiven Effekt auf die Erträge hatte. Generell reagierten die Erträge der ökologischen Betriebe stärker auf Standort- und

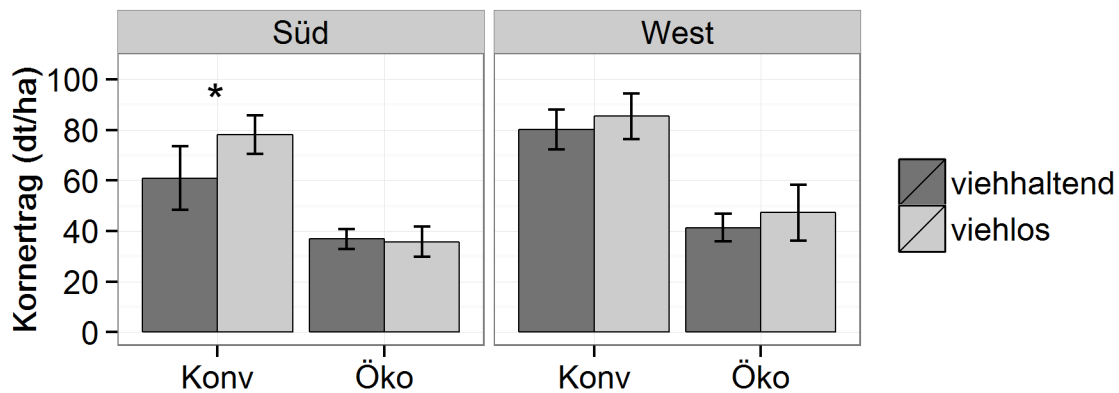


Abb. 2: Mittlere Winterweizenerträge der ökologischen und konventionellen Betriebe in den beiden betrachteten Regionen; Vergleich von Betrieben mit und ohne Tierhaltung. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler. * Unterschied signifikant, T-Test, $p < 0,05$.

Umwelteinflüsse als die der konventionellen Betriebe. So fand sich in den Öko-Betrieben ein signifikanter Einfluss der Ackerzahl auf die Erträge des jeweiligen Schlags (Abb. 2) sowie ein engerer Zusammenhang zwischen Wintertemperatur und Ertrag.

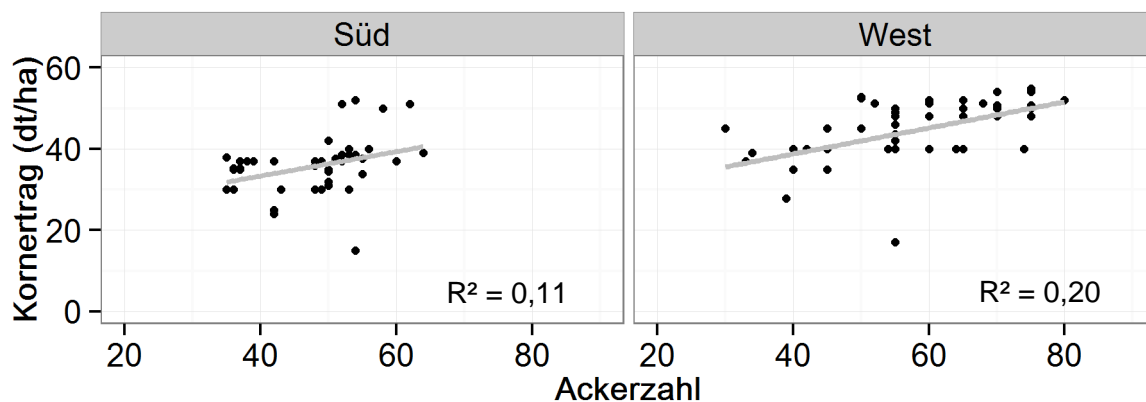


Abb. 3: Kornertrag der ökologischen Winterweizen-Schläge in Abhängigkeit der Ackerzahl in den beiden betrachteten Regionen. Lineares Modell.

Abschließende Auswertungen mithilfe eines Gemischt-Linearen Modells, unter Berücksichtigung des Betriebs als zufälligen Effekt, zeigten einen signifikanten Einfluss der Wirtschaftsweise, der Region, des Jahres, der Ackerzahl und der Anzahl an durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen. Darüber hinaus konnte ein Einfluss der Vorfrucht gezeigt werden. So wurden nach hochwertigen Vorfrüchten, wie Klee gras oder Raps, höhere Erträge erzielt als nach geringerwertigen.

Literatur

- de Ponti T., Rijk B., van Ittersum M.K. (2012): The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108, 1-9
- Seufert V., Ramankutty N., Foley J.A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-234

Weizenerträge in einem langjährigen Bodenbearbeitungsversuch

Reinhard Neugschwandtner¹, Christina Brunhuber¹, Peter Liebhard¹, Pia Euteneuer²,
Hans-Peter Kaul¹, Helmut Wagentristl²

¹Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln, E-Mail: reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at

²Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Schloßhoferstraße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

Einleitung

Bodenbearbeitungsverfahren werden in die konventionelle Bodenbearbeitung (mit Pflug), konservierende Verfahren und die Direktsaat eingeteilt. Weltweit besteht ein steigendes Interesse an Verfahren mit reduziertem Aufwand aufgrund deren ökonomischen und ökologischen Vorteilen (Derpsch et al., 2011). Die Bodenbearbeitung beeinflusst die bodenchemischen Eigenschaften sowie die Nährstoffverteilung im Boden (Neugschwandtner et al., 2014). Bei der Direktsaat von Weizen lassen sich – im Vergleich zur konventionellen Bearbeitung und Bestellung – mehr als 85 % an Arbeitszeit und Diesel einsparen (Moitzi et al., 2013). Ein Vergleich von Bodenbearbeitungsversuchen in mehreren europäischen Ländern hat gezeigt, dass die Erträge der Direktsaat bei geringen Niederschlägen jenen der konventionellen Bearbeitung mit Pflug überlegen sein können (Soane et al., 2012).

Material und Methoden

Ein Bodenbearbeitungsversuch wurde im August 1996 in Raasdorf (BOKU-Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Produktionsgebiet: Marchfeld; durchschnittlicher Jahresniederschlag und Jahrestemperatur: 538 mm bzw. 10,6°C (1980-2009); Boden: Tschernosem, schluffiger Lehm) als zweifaktorielle Spaltanlage (Großteilstücke: Bodenbearbeitungssysteme; Kleinteilstücke: zwei Fruchtfolgen) angelegt. Die Bodenbearbeitungssysteme umfassen:

1. Konventionelle Bearbeitung – Lockerbodenwirtschaft (Pflügen, 25-30 cm)
2. Festbodenwirtschaft (Direktsaat)
3. Lockerboden-Mulchwirtschaft (Untergrundlockern (Tiefenlockerer))
4. Festboden- Mulchwirtschaft (Grubber, 8 cm)

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge von Winterweizen sind in Tabelle 1 dargestellt. Nach den Vorfrüchten Mais und Zuckerrübe kam es zu einer Interaktion von Bodenbearbeitung × Jahr. Nach Mais waren die Erträge in drei von sechs Jahren bei Direktsaat niedriger als in der Lockerbodenwirtschaft (wobei zwei der drei Jahre hohe Niederschläge aufwiesen). Nach Zuckerrübe war der Weizenertrag im sehr trockenen Jahr 1998 bei Direktsaat im Vergleich zur Lockerbodenwirtschaft höher, während sich die beiden Varianten in den weiteren drei Jahren nicht unterschieden (Daten nicht gezeigt).

Die Weizenerträge waren nach Zuckerrübe signifikant ($p < 0.01$) geringer als nach Mais (1998), Sojabohne (2002) und Winterweizen (2012), während es keine Unterschiede nach den Vorfrüchten Raps und Sonnenblume (2000) gab. Im Jahr 2004 war der Weizenertrag nach der Vorfrucht Mais in der Festbodenwirtschaft geringer als in den anderen Bodenbearbeitungsverfahren, während es nach Raps zu

keinen Ertragsunterschieden zwischen den einzelnen Verfahren kam (Daten nicht gezeigt).

Tabelle 1: Winterweizen-Erträge in Abhängigkeit verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren (bei unterschiedlichen Vorfrüchten)

| Vorfrucht | Winterweizen (t ha ⁻¹) | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-----------|
| | Mais | Zuckerrübe | Raps | Getreide ¹ | Sonnenblume | Sojabohne |
| Bodenbearbeitung | | | | | | |
| Lockerbodenwirtschaft | 4,66 ^a | 3,21 | 4,51 | 3,04 | 2,85 | 4,23 |
| Festbodenwirtschaft | 4,19 ^b | 3,39 | 4,80 | 3,45 | 3,70 | 3,61 |
| Lockerboden-Mulchwirtschaft | 4,84 ^a | 3,24 | 4,99 | 3,36 | 3,07 | 4,23 |
| Festboden-Mulchwirtschaft | 4,78 ^a | 3,26 | 4,96 | 3,36 | 2,94 | 4,68 |
| Jahr | | | | | | |
| 1998 | 3,65 ^d | 3,17 ^c | | | | |
| 2000 | | | 3,40 ^b | | 3,14 | |
| 2002 | | 3,72 ^b | | | | 4,24 |
| 2004 | 5,94 ^a | | 6,23 ^a | | | |
| 2006 | 3,62 ^d | | | | | |
| 2007 | | | | 3,87 ^a | | |
| 2008 | 5,10 ^b | | | | | |
| 2009 | 5,18 ^b | | | | | |
| 2010 | 4,21 ^c | | | | | |
| 2011 | | 5,03 ^a | | | | |
| 2012 | | 1,30 ^d | | 2,74 ^b | | |
| ANOVA GLM | | | | | | |
| Bodenbearbeitung | ** | | | | | |
| Jahr | *** | *** | *** | *** | | |
| B × J | *** | * | | | | |

¹ 2007: Sommerdurum, 2012: Winterweizen

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen überwiegend geringe Ertragsunterschiede zwischen den vier Bodenbearbeitungsverfahren. Vorfrüchte beeinflussten die Weizenerträge; nach Mais, Sojabohne und Winterweizen wurde höhere Erträge als nach Zuckerrübe beobachtet.

Literatur

- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen L., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3, 1–25.
- Moitzi, G., Szalay, T., Schüller, M., Wagenristl, H., Refenner, K., Weingartmann, H., Liebhard, P., Boxberger, J., Gronauer, A., 2013. Effects of tillage systems and mechanization on work time, fuel and energy consumption for cereal cropping in Austria. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15, 94–101.
- Neugschwandtner, R.W., Liebhard, P., Kaul, H.-P., Wagenristl, H., 2014. Soil chemical properties as affected by tillage and crop rotation in a long-term field experiment. *Plant, Soil and Environment* 60, 57–62.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J., 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil & Tillage Research* 118, 66–87.

Einfluss des Saattermins auf Ertrag und Ertragsstruktur von Wechselweizen

Reinhard Neugschwandtner, Katharina Böhm, Rea Hall, Hans-Peter Kaul

Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln, E-Mail: reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at

Einleitung

Die erwarteten klimatischen Änderungen in Mitteleuropa in den nächsten Jahrzehnten beinhalten höhere Temperaturen sowie eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung hin zu mehr Winter-, aber weniger Sommerniederschlägen. Insbesondere für Sommerungen geht daher ein höheres Risiko an Hitze- und Trockenstress einher (Trnka et al., 2011). Wachstum und Ertrag von Kulturpflanzen sind stark von Umweltbedingungen beeinflusst. Mithilfe der Wahl des Saattermins lassen sich die auf den Bestand wirkenden Bedingungen steuern (Ozturk et al., 2006). In einem zweijährigen Feldversuch wurde der Einfluss unterschiedlicher Saattermine (Herbst- versus Frühjahrssaat) auf Ertrag und Ertragsstruktur im pannonisch geprägten Produktionsgebiet Marchfeld erhoben.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (538 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag, 10,6°C durchschnittliche Jahrestemperatur, Tschernosem, schluffiger Lehm) durchgeführt.

Der Wechselweizen Xenos wurde mit 300 keimfähigen Körnern m⁻² im Herbst (7.10.2010 bzw. 18.10.2011) und im Frühjahr (14.3.2011 bzw. 13.3.2012) gesät. Stickstoff (Nitramoncal, 27 % N, 10 g m⁻²) wurde in zwei Teilgaben (Mitte März bzw. Anfang Mai) gedüngt. Die Ernte der Winterungen erfolgte am 4.7.2011 bzw. am 3.7.2012, jene der Sommerungen am 14.7.2011 bzw. am 11.7.2012.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandeshöhe, der Ertrag und Ertragsstruktur von Wechselweizen in Abhängigkeit von Anbautermin und Jahr ist in Table 1 dargestellt. Die Bestandeshöhe, der Korn- und der Strohertrag sowie die Ährendichte waren im Herbstanbau signifikant höher als im Frühjahrsanbau. Das trockene Jahr 2011/12 führte im Vergleich zum Jahr 2010/11 bei beiden Anbauterminen zu einer Reduktion dieser Parameter.

Es gab eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Anbautermin und Jahr bei den Parametern Ernteindex, Körner m⁻² und Körner Ähre⁻¹. Im Ernteindex gab es beim Herbstanbau keinen Unterschied zwischen den Jahren (2010/11: 41,1 %; 2011/12: 41,3 %) während es beim Frühjahrsanbau zu einem geringeren Ernteindex kam, insbesondere im trockenen Jahr 2011/12 (2010/11: 35,7 %; 2011/12: 30,9 %). Die Anzahl an Körnern m⁻² war 2010/11 höher als 2011/12, mit einer stärkeren Abnahme im Frühjahrsanbau (Herbstanbau: 2010/11: 13.837; 2011/12: 12.069; Frühjahrsanbau: 2010/11: 8.950; 2011/12: 5.877). Die Anzahl Körner Ähre⁻¹ war bei der Herbstsaat in beiden Jahren auf gleichem Niveau (2010/11: 32,7; 2011/12: 33,8), während die Frühjahrssaat zu einer geringeren Anzahl an Körnern Ähre⁻¹ führte. Im trockenen Jahr 2011/12 kam es zu einer stärkeren Abnahme im Vergleich zu 2010/11 (2010/11: 23,5; 2011/12: 18,8). Der

Anbau im Herbst führte zu einem höheren Tausendkorngewicht des Weizens als der Frühjahrsanbau (wobei keine Unterschiede zwischen den Versuchsjahren auftraten). Ein höherer Kornertrag von Weizen bei Herbstsaat im Vergleich zur Frühjahrssaat von Weizen wurde bereits von Ozturk et al. (2006) beschrieben und auf einen höheren Blattflächenindex, eine längere Blattflächendauer, eine höhere Ährendichte sowie ein höheres Tausendkorngewicht zurückgeführt, wobei insbesondere die höhere Ährendichte zum höheren Kornertrag beigetragen hat.

Der Saattermin beeinflusst, welchen klimatischen Bedingungen (Temperatur, Niederschlag, Photoperiode) eine Kulturpflanze ausgesetzt ist, wodurch die vegetativen Entwicklungsphasen und in der Folge Ertrag und Ertragsstruktur beeinflusst werden. Hu und Wiatrak (2012) haben berichtet, dass Hitze und Trockenstress – welche oft mit später Saateinhergehen – die Dauer der Kornfüllungsphase, die Kornanzahl und das Tausendkorngewicht aufgrund verringerter Photosynthese reduzieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Herbstsaat der Frühjahrsaat unter den Bedingungen im Osten Österreichs ertragsmäßig überlegen ist.

Tabelle 1: Bestandeshöhe, Ertrag und Ertragsstruktur von Weizen in Abhängigkeit von Saattermin und Jahr

| | Bestandes- höhe (cm) | Korn (g m ⁻²) | Stroh (g m ⁻²) | HI (%) | Ähren (m ⁻²) | Körner (m ⁻²) (Ähre ⁻¹) | TKG (g) | |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|---|-------------------|-------------------|
| <u>Saattermin</u> | | | | | | | | |
| Herbst | 88 ^a | 479 ^a | 750 ^a | 38.4 ^a | 401 ^a | 11394 ^a | 28.1 ^a | 43.2 ^a |
| Frühjahr | 76 ^b | 336 ^b | 561 ^b | 36.1 ^b | 339 ^b | 8973 ^b | 26.0 ^b | 37.3 ^b |
| <u>Jahr</u> | | | | | | | | |
| 2010/11 | 97 ^a | 534 ^a | 763 ^a | 41.2 ^a | 393 ^a | 12953 ^a | 33.0 ^a | 41.1 ^a |
| 2011/12 | 67 ^b | 280 ^b | 549 ^b | 33.3 ^b | 347 ^b | 7414 ^b | 21.1 ^b | 39.4 ^a |
| <u>ANOVA GLM</u> | | | | | | | | |
| <u>Saattermin</u> | ** | *** | *** | *** | ** | *** | * | *** |
| <u>Jahr</u> | *** | *** | *** | *** | ** | *** | *** | |
| <u>S x J</u> | | | | ** | | * | ** | |

Signifikanzniveau: p < 0,05 (*), p < 0,01 (**), p < 0,001 (***)

Literatur

- Hu, M., Wiatrak, P., 2012. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality: Review. *Agronomy Journal* 104, 785–790.
- Ozturk, A., Caglar, O., Bulut, S., 2006. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Agronomy and Crop Science* 192, 10–16.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Balek, J., Dubrovský, M., Kubu, G., Štěpánek, P., Thaler, S., Možný, M., Žalud, Z., 2011. Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. *Climatic Change* 108, 261–289.

Effects of tripartite symbiosis between field pea, rhizobia and mycorrhizal fungi on ascochyta blight (*Mycosphaerella pinodes*)

Getinet Desalegn¹, Reinhard Turetschek², Hans-Peter Kaul¹ and Stefanie Wienkoop²

¹Department of Crop Sciences, BOKU, Vienna; ²Department of Ecogenomics and Systems Biology, University of Vienna, Vienna. E-Mail: getinet.desalegn@boku.ac.at

Introduction

Field pea (*Pisum sativum* L.) is one of the most important sources of protein both for animal and human. To grow this crop in the field, there are a wide variety of biotic and abiotic stresses. Among them, *Mycosphaerella pinodes* is one of the most yield limiting biotic stresses which affect the photosynthetic performance of *P. sativum*. So far, there are no available cultivars that are highly resistant to this pathogen (Xue and Warkentin, 2001). However, previous report indicates that the beneficial plant-microbe interactions in the rhizosphere are vital for plant health and soil fertility (Jeffries et al., 2003). Among them mycorrhizal fungi and *Rhizobium* spp. are important symbionts forming a tripartite association with field pea. To date, there is scarcity of information about the contribution of these tripartite symbioses against the above ground plant pathogen infection. For instance, in a wide variety of plant stresses, chlorophyll fluorescence is a well-established technique to determine rapidly and non-invasively photosynthesis parameters (Biber, 2012). Hence, we aimed here to investigate this tripartite association effects by assessing the host plant green area, leaf greenness and photosynthetic efficiency under infected and uninfected conditions.

Materials and methods

A factorial experimental design was carried out under controlled greenhouse conditions. This included two field pea cultivars (cv. Messire and Protecta), two pathogen conditions (infected and uninfected/healthy) and five plant nutrient sources which were control (C), arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus mosseae* (M), *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* (R), dual *G. mosseae* and *R. leguminosarum* (MR) and mineral nitrogen and phosphorus (NP). At 50% flowering stage green area, SPAD value and photosynthesis efficiency were determined. Data were analyzed with one-way factorial ANOVA tests to observe the effects of plant nutrient sources on those traits. Differences between treatments were compared with Tukey's multiple range test and statistical significance was defined at $p < 0.05$.

Results and discussion

Further review of Figure 1 reveals that there were significant differences in some groups in green area production. Overall, the infected Messire (IM) control mean was significantly lower than all infected or healthy Protecta (IP or HP) inoculated with M, R, MR. Furthermore, for this IM control, the average green area was also significantly lower than uninfected Messire (HM) inoculated with single *Rhizobium* and dual microbial symbionts. Surprisingly, IP inoculated with single *Rhizobium* bacteria showed the most favorable result in green area. It had significantly higher mean value in this trait than all IM and control groups. Therefore, we conclude that field pea cultivars, particularly Protecta inoculated with *Rhizobium* bacteria, tolerate the pathogen infection to maintain green area production.

In SPAD values or leaf greenness, all IP and HP groups had significantly higher mean values than the IM control. For HM inoculated with dual microbial symbiont (MR), the average SPAD value was significantly higher than IM inoculated with single M and R by 120% and 90%, respectively (data not presented).

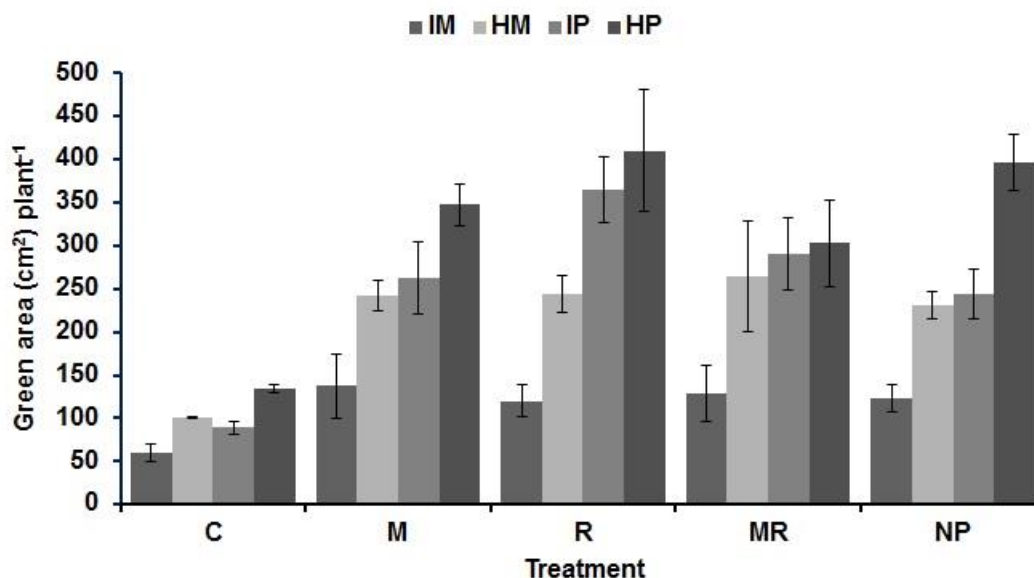


Figure 1 Effects of rhizobia and mycorrhizal fungi inoculation on field pea cultivar Messire and Protecta green area production under *M. pinodes* infected (I) and uninfected (H) conditions. Values are means (n = 4) and error bars indicate standard errors.

The dark-adapted photosynthetic efficiency (Fv/Fm) fluorometer mean value of IM control mean was also significantly lower than all the other treatments. Additionally, the dual microbial inoculation (MR) had significantly lower photosynthesis efficiency than the single *Rhizobium* group (data not presented).

In conclusion, the IM control showed the poorest result in each character as compared to all the other treatments. Interestingly, Protecta cultivar inoculated with *Rhizobium* bacteria performed best under both conditions (infected or uninfected). A dual MR inoculation also showed positive results in leaf greenness and photosynthesis efficiency. In general, the variability of green area, chlorophyll content or SPAD value and photosynthesis efficiency due to pathogen infection were about 40%, 50% and 70%, respectively. This result needs further verification under field conditions.

Literature

- Biber, P.D. 2012: Leaf wand for measuring chlorophyll fluorescence on cylindrical leaves and its application on *Juncus roemerianus* (Black Needlerush). American J. Plant Sci. 3: 75-83.
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K. and Barea, J.M. 2003: The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biol. Fertil. Soils. 37: 1-16.
- Xue, A.G., and Warkentin, T.D. 2001: Partial resistance to *Mycosphaerella pinodes* in field pea. Can. J. Plant Sci. 81: 535-540.

Einfluss der Bodenstruktur auf das *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden und den *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben

Sascha Schulze, Heinz-Josef Koch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, Stadt. E-Mail: schulze@ifz-goettingen.de

Einleitung

Der Befall von Zuckerrüben mit der Späten Rübenfäule, verursacht durch das bodenbürtige Pathogen *Rhizoctonia solani* (*R. solani* AG2-2IIIB), hat sich in den zurückliegenden Jahren zu einem Problem mit hoher ökonomischer Relevanz im europäischen Rübenanbau entwickelt (Büttner et al., 2002). Ein starker Befall mit *Rhizoctonia* hat teilweise beträchtliche Ertragsverluste zur Folge, vor allem dann, wenn Mais als Vorfrucht in der Fruchtfolge angebaut wird (Buhre et al., 2009). Weiter wird vermutet, dass chemische und physikalische Bodeneigenschaften das Auftreten und die Verbreitung der Späten Rübenfäule sowie den Befall von Zuckerrüben maßgeblich beeinflussen. Diese Untersuchung hat die Quantifizierung von Vorfrucht- und Bodenstruktureffekten auf das *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden und des *Rhizoctonia*-Befalls von unterschiedlichen Zuckerrüben genotypen (anfällig, tolerant) zum Ziel.

Material und Methoden

An den Standorten Göttingen (Niedersachsen) und Haardorf (Niederbayern) wurden mehrfaktorielle Feldexperimente (4 Wiederholungen, Split-Plot Design) angelegt. Die Versuchsflächen wurden mit einem Gersteninokulum artifiziell inokuliert (Göttingen: 150 kg ha⁻¹; Haardorf: 50 kg ha⁻¹). Zur Homogenisierung des Inokulumpotentials im Boden wurde Mais als *Rhizoctonia*-anfällige Vorfrucht angebaut. Das Maisstroh wurde bei der Ernte auf dem Feld belassen (Körnermais) oder abgefahren (Silomais); die Struktureigenschaften des Oberbodens wurden durch die Bodenbearbeitung und zusätzliche Verdichtung differenziert (Pflug 25 cm, Grubber 10 cm, Verdichtung + Grubber 5 cm). Mit Hilfe von Bodenproben (Stechzylinder) aus dem Oberboden (10-15 cm) sollen chemische und physikalische Bodeneigenschaften bestimmt und deren Beziehung zum *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden und den *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben geprüft werden. Der *Rhizoctonia*-Befall wird durch regelmäßige Befallsbonituren an Zuckerrübe und Ackerbohne als weitere Indikatorpflanze evaluiert. Zusätzlich werden Bodenfeuchte und -temperatur über die gesamte Vegetationsperiode der Zuckerrübe mit Hilfe von Datenloggern aufgezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Menge an auf dem Feld verbleibenden Ernteresten lag an beiden Standorten in den Körnermaisparzellen bei 10 t ha⁻¹ und in den Silomaisparzellen bei 3 t ha⁻¹ (Abb. 1A). Die Inokulation verursachte deutlichen *Rhizoctonia*-Befall von Maispflanzen mit Wurzelschäden von bis zu 60 % (Abb. 1B). Der Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte konnte auf beiden Standorten durch unterschiedliche Bodenbearbeitung variiert werden (Fig. 2). Hierbei zeigten sich die geringsten Eindringwiderstände jeweils in der Pflugvariante. Eine Bodenverdichtung mit anschließend flacher Bodenbearbeitung (Grubber 5 cm Bearbeitungstiefe) hatte die höchsten

Eindringwiderstände zur Folge und der Grenzwert von 1,8 MPa für eine Bodenschadverdichtung war teilweise überschritten. Der Bodenwassergehalt lag zur Aussaat bei 18 Vol.-% (Göttingen) und 15 Vol.-% (Haardorf), unterschied sich jedoch nicht zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten (Fig. 3). Die verdichteten Parzellen zeigten, vermutlich durch eine verminderte Infiltration, nach Niederschlagsereignissen jeweils die höchsten Bodenwassergehalte.

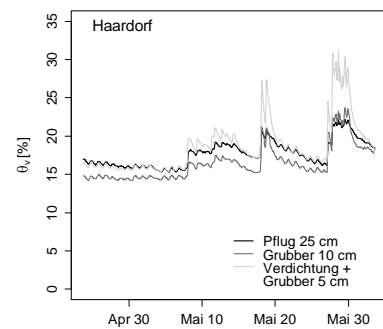
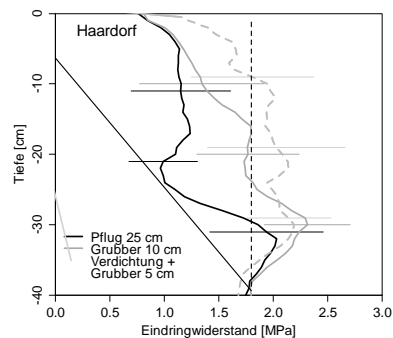
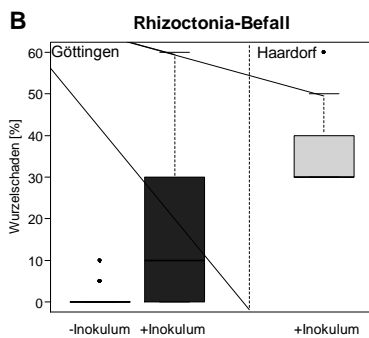
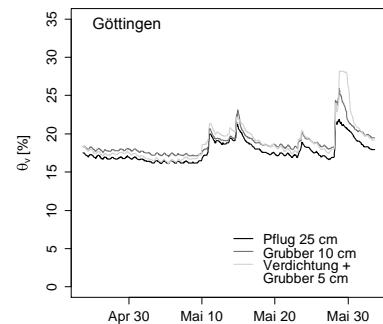
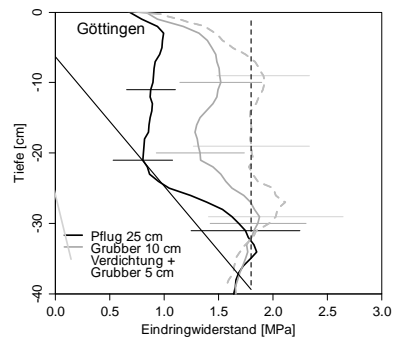
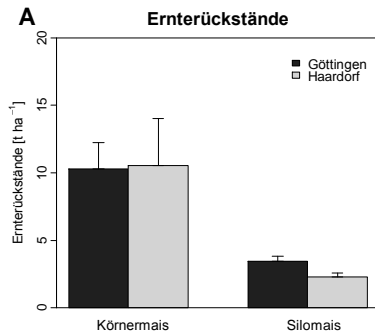


Abb. 1: Im Feld verbleibende Ernterückstände von Körner- und Silomais [t ha⁻¹] (A) und prozentueller *Rhizoctonia*-Schaden an Mais (B).

Abb. 2: Eindringwiderstand [MPa] der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten in Göttingen und Haardorf.

Gestrichelte Linie zeigt Grenzwert für Bodenschadverdichtung (> 1.8 MPa).

Abb. 3: Volumetrischer Bodenwassergehalt θ_v [%] der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten in Göttingen und Haardorf.

Daten gemessen im Feld mit TDR-Sonden + Datenloggern in 10 cm Tiefe.

Durch eine differenzierte Bodenbearbeitung konnten die Struktureigenschaften des Bodens erfolgreich variiert werden, um nachfolgend deren Einfluss auf das *Rhizoctonia*-Inokulumpotential und den *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben zu quantifizieren. Weitere Ergebnisse zu physikalischen Bodeneigenschaften und zum *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben werden nach der ersten Zwischenernte im Juli 2014 erwartet.

Literatur

1. Buhre, C., C. Kluth, K. Bürcky, B. Märlander, and M. Varrelmann. 2009. Integrated Control of Root and Crown Rot in Sugar Beet: Combined Effects of Cultivar, Crop Rotation and Soil Tillage. *Plant Disease* 93:155-161.
2. Büttner, G., M.E. Führer-Ithurrart, J. Buddemeyer. 2002. Späte rübenfäule *Rhizoctonia solani* - Verbreitung, wirtschaftliche Bedeutung und integrierte Bekämpfungskonzepte. *Zuckerindustrie* 127:856-866.

Wintererbse als Alternative zur Sommererbse im Pannonikum – Vergleich von Reinsaaten und Gemengen im Ökologischen Anbau

Gabriele Gollner, Jürgen K. Friedel

Universität für Bodenkultur Wien, Departement für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien. E-Mail: gabriele.gollner@boku.ac.at

Einleitung

Die Körnererbse (*Pisum sativum* L.) war bis vor kurzem die bedeutendste Körnerleguminose von Bio-Fruchtfolgen im Hauptproduktionsgebiet Marchfeld, östlich von Wien. Aufgrund zunehmender agronomischer Probleme (z.B. starker Schädlingsbefall, Fruchtfolgekrankheiten) wurden die biologisch bewirtschafteten Anbauflächen in Österreich von 2005 – 2012 um 58 % reduziert (BMLFUW 2013). Die Wintererbse ist eine mögliche Alternative zur Sommererbse, da sie tendenziell ein höheres Ertragspotential sowie bedingt durch die frühere Abreife einen geringeren Schädlingsbefall aufweist.

Material und Methoden

In zwei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden wurden voneinander unabhängige Exaktversuche auf den biologisch bewirtschafteten Flächen der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der BOKU angelegt, in denen je zwei Wintererbsen-Sorten (cv. Stamm 61 - Blatt-Typ Körnererbse *P. sativum* ssp. *sativum*; cv. EFB 33 – Grünfuttererbse *P. sativum* var. *arvense*), in Reinsaat/Gemenge mit Winterweizen gegenüber Sommererbsen (cv. Protecta - Blatt-Typ Körnererbse; cv. BIOSirius - Grünfuttererbse) in Reinsaat/Gemenge mit Sommergerste verglichen wurden. Es wurden die Korn-/Stroherträge und die symbiontische N₂-Fixierleistung (erweiterte N-Differenzmethode nach Hauser et al. 1992) der Erbsen sowie die N-Aufnahme aus dem Boden und der Schädlingsbefall (siehe Wohlmuth et al. 2014) ermittelt. In der Folge wurden Erwartungswerte (EW) und Mischungseffekte (ME1) für die Gemenge nach Kübler et al. (2006) berechnet. Durch den Vergleich soll deutlich werden, welche der geprüften Reinsaaten/Gemenge sich für die subhumiden Anbaubedingungen des Marchfeldes am besten eignen und ob die Wintererbse auch im pannonischen Gebiet eine Alternative zur Sommererbse darstellt. Die Ergebnisse der ersten Vegetationsperiode (2012/13) werden dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der günstigen Witterungsbedingungen im Winter 2013 (tiefste mittlere Tagestemperatur im Jänner: -9.1°C) war die Auswinterung der Wintererbsen vernachlässigbar. Die Wintererbsen zeigten durch die längere Vegetationszeit einen deutlichen Entwicklungsvorsprung, sie reiften etwa 2 Wochen früher als die Sommererbsen und konnten durch die Ausnutzung der Winterfeuchte die Frühjahrs-trockenheit ausgleichen. Die TM-Gesamt-Kornerträge der Wintererbsen-Varianten waren mit 2,8 t ha⁻¹ signifikant höher als die der Sommererbsen mit 2,1 t ha⁻¹. Die Convarietät der Erbsen hatte einen signifikanten Einfluss auf den ME1-Wert (Tab. 1; Körnererbsen: + 468; Grünfuttererbsen: -510) der Erbsen-Gemenge. Die Sommererbsen im Gemenge mit Sommergerste bildeten keinen zufriedenstellenden Ertragsanteil in der Mischung aus (Abb. 1).

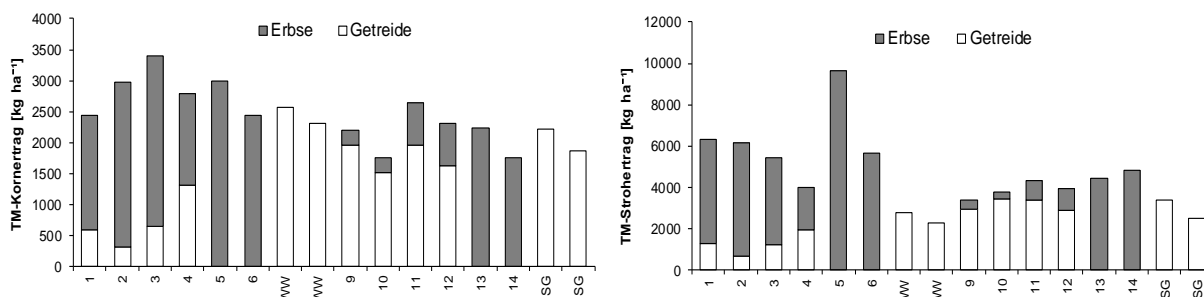


Abb. 1: Korn- und Strohertrag (Trockenmasse) von Erbse und Getreide in Reinsaat und Gemenge in der Vegetationsperiode 2012/13 (Varianten-No siehe Tab. 1)

Die N₂-Fixierleistung der Erbse-Reinsaaten bzw. Winterungen war signifikant höher als die der Gemenge bzw. Sommerungen. Für die Crop und N-Harvest Indices lag ein signifikanter Einfluss der Haupteffekte Mischungsverhältnis und Typ vor (CHI und NHI: Gemenge>Reinsaaten; NHI: Sommerung>Winterung). Für weitere Schlussfolgerungen sind die Ergebnisse der zweiten Vegetationsperiode abzuwarten.

Tab. 1: Gesamt-Kornertrag, Crop Harvest Index, Mischungseffekt, Erwartungswert, N-Harvest Index und N₂-Fixierleistung von Erbse und Getreide in Abhängigkeit von Convarietät, Mischungsverhältnis und Typ

| No. Varianten | Yield (kg ha ⁻¹) | HI | ME1 | EW (kg ha ⁻¹) | NHI | Nfix (kg ha ⁻¹) |
|---------------|---------------------------------|-----------|-------------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 1 WE80WW20A | 2440 ab | 0.28 bcd | -950.50 bc | 3390 ab | 0.51 cd | 69 ab |
| 2 WE50WW15A | 2970 ab | 0.32 abcd | 726.45 a | 2243 cd | 0.62 abcd | 99 ab |
| 3 WE80WW20B | 3391 a | 0.39 abc | 451.52 ab | 2939 abc | 0.66 abcd | 127 ab |
| 4 WE50WW15B | 2463 ab | 0.41 ab | 501.52 a | 1961 cd | 0.70 abc | 45 ab |
| 5 WEA | 2997 ab | 0.23 d | | | 0.48 d | 185 a |
| 6 WEB | 2433 ab | 0.31 abcd | | | 0.53 bcd | 116 ab |
| 9 SE50SG50C | 2207 ab | 0.35 abcd | -1403.65 c | 3610 a | 0.65 abcd | 0 b |
| 10 SE30SG30C | 1754 b | 0.44 a | -412.59 abc | 2166 cd | 0.72 ab | 0 b |
| 11 SE80SG20D | 2639 ab | 0.41 ab | 233.65 ab | 2406 bcd | 0.69 abc | 5 b |
| 12 SE50SG15D | 2315 ab | 0.40 abc | 686.63 a | 1628 d | 0.75 a | 15 b |
| 13 SEC | 2241 ab | 0.33 abcd | | | 0.65 abcd | 52 ab |
| 14 SED | 1762 b | 0.26 cd | | | 0.54 bcd | 42 b |

ANOVA GLM

| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Convarietät (Grünfütter-/Körnererbse) | n.s. | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. |
| Mischungsverhältnis (Reinsaat/Gemenge) | n.s. | * | | | *** | ** |
| Typ (Winter-/Sommer-Typ) | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | *** |
| C x T | n.s. | ** | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| M x T | n.s. | n.s. | | | n.s. | n.s. |
| C x M | * | n.s. | | | n.s. | n.s. |
| T x C x M | n.s. | n.s. | | | n.s. | n.s. |

Varianten-Code: WE: Wintererbse; WW: Winterweizen; SE: Sommererbse; SG: Sommergerste; Sorte A: EFB 33; B: Stamm 61; C: BIOSirius; D: Protecta; z.B. 80 = 80% Saatmischungsanteil
Yield: Gesamt-Kornertrag Gemenge; HI: Harvest Index; NHI: N-Harvest Index; ME1: Mischungseffekt 1; EW: Erwartungswert; Nfix: N₂-Fixierleistung; Nbal: einfacher N-Flächenbilanzsaldo
ANOVA GLM: Signifikanzniveau: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**), p < 0.001 (***) ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen (Tukey-Test; p < 0.05)

Literatur

- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2013: Grüner Bericht 2013. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. BMLFUW Wien, 54. Auflage.
- Hauser, S., 1992: Estimation of symbiotically fixed nitrogen using extended N difference methods. Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture. Ed.: Muolongoy, K., Gueye M., Spencer, D.S.C., Wiley-Sayce Co-Publication.
- Kübler, E., Aufhammer, W. und H.P. Piepho, 2006: Mischungseffekte in Getreide-Körnerleguminosen-Beständen auf den Kornertrag in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. Die Bodenkultur 57, 121-130.
- Wohlmuth, M.L., Gollner, G., Koschier, E., 2014: Reinsaat oder Gemenge? Befallsunterschiede durch *Sitona lineatus* L. und *Acyrtosiphon pisum* H. an *Pisum sativum* im Ökologischen Anbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 2014, Beitrag im vorliegenden Tagungsband.

Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben im Herbst – Erste Erfahrungen auf Lössböden in Norddeutschland

Daniel Laufer¹, Georg Sander², Gero Schlinker³ und Heinz-Josef Koch¹

¹Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen; ²Nordzucker AG, An der Zuckerfabrik 1, 29525 Uelzen; ³ARGE NORD, Helene-Künne-Allee 5, 38122 Braunschweig.
Email: Laufer@ifz-goettingen.de

Einleitung

Auf norddeutschen Sandstandorten konnten mit der Streifenbearbeitung im Frühjahr und der Aussaat in einem Arbeitsgang gute Ergebnisse erzielt werden. Die sogenannte Schlitzsaat zeigte in mehrjährigen Praxisversuchen vergleichbare Zuckerrübenenerträge wie die praxisübliche Mulchsaat mit Saatbettbereitung. Auf bindigen Böden mit mehr als 10 % Tonanteil führte Streifenbearbeitung im Frühjahr jedoch teilweise zu Problemen (Sander, 2012). Hohe Wassergehalte und eine geringe Schütffähigkeit des Bodens können eine unvollständige Rückverfestigung und eine unzureichende Qualität des Saatbettes verursachen. Dadurch wird das Saatgut häufig nicht optimal abgelegt und eingebettet, so dass der Feldaufgang und die Jugendentwicklung unzureichend sind. Zusätzlich fördern die verbliebenen Hohlräume das Auftreten von Beinigkeit der Zuckerrüben.

Durch Feldversuche soll geprüft werden, ob mit einer Streifenbearbeitung bei trockenem Bodenzustand im Herbst des Vorjahres diesen Problemen entgegen gewirkt werden kann. Die natürliche Bodensetzung während der Winterperiode sowie die Förderung der Bodengare durch Frost sollen die Funktionssicherheit des Verfahrens erhöhen.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden im Einzugsgebiet der Nordzucker AG auf 4 Lössstandorten (Alferde Ut3; Gladebeck Ut3; Lindhof Slu; Parensen Ut3) als Streifenanlage mit 6 internen Wiederholungen angelegt. Die Streifenbearbeitung erfolgte im Oktober 2012 mit einem zwölfreihigen Lockerungsgerät (Köckerling 'Master'; Abb. 1) und 20 cm Arbeitstiefe nach einer Getreidevorfrucht ohne vorherige Stoppelbearbeitung. Zuvor wurde zur Kontrolle von Ausfallgetreide und Unkräutern ein Totalherbizid angewendet.

Als Vergleichsvariante diente jeweils eine 15-20 cm tief gelockerte betriebsübliche Mulchsaatfläche mit Saatbettbereitung im Frühjahr. Zu Aussaat und Streifenbearbeitung wurde ein Traktor mit RTK-GPS-gesteuerter Lenkung eingesetzt, was der exakten Platzierung der Saatreihe im Lockerungsstreifen diente. Bei beiden Verfahren wurden Feldaufgang, Rübenenertrag, technische Qualitätsparameter und der Anteil beiniger Rüben erfasst.



Abb. 1: Streifenlockerer Köckerling Master

Ergebnisse und Diskussion

Die einjährigen Versuchsergebnisse zeigen bei der Herbst-Streifenbearbeitung einen niedrigeren Feldaufgang wie bei Mulchsaat mit Saatbettbereitung (Abb. 2, links), was möglicherweise auf ein durch die Streifenbearbeitung verursachtes unebenes Saatbett zurückzuführen ist. Lediglich der Standort Gladebeck erreichte durch günstige Bearbeitungs- und Aussaatbedingungen das Niveau der Mulchsaat.

Der Zuckerertrag zeigte im Mittel der Standorte nach Herbst-Streifenbearbeitung im Vergleich zur Mulchsaat keinen Unterschied (Abb. 2, rechts). Die geringeren Zuckererträge der Standorte Alferde und Parenden sind möglicherweise durch die niedrigeren Feldaufgänge bedingt.

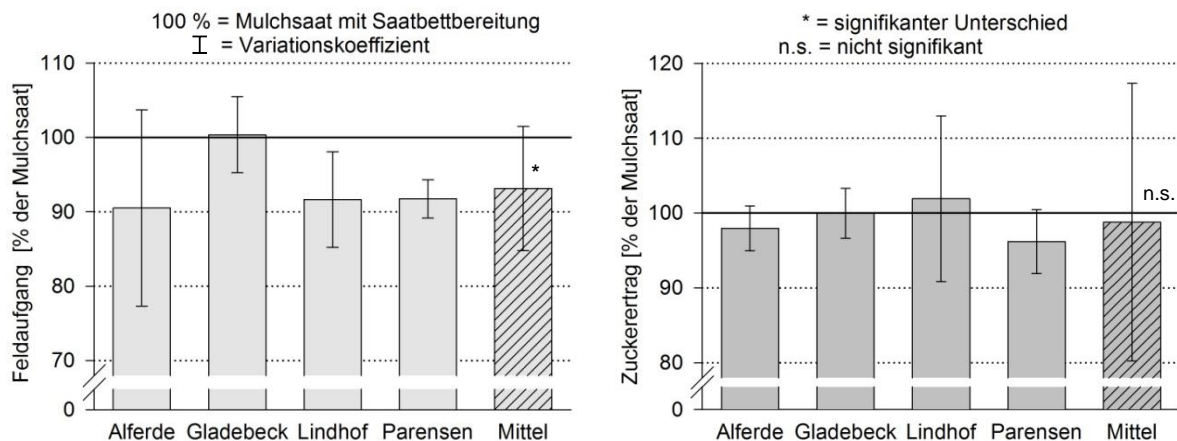


Abb. 2: Relativer Feldaufgang (links) und relativer Zuckerertrag (rechts) nach Herbst-Streifenbearbeitung im Vergleich zur Mulchsaat mit Saatbettbereitung

Bei der Bewertung der technischen Qualität der Zuckerrüben (Zuckergehalt, Kalium, Natrium, Amino-N-Gehalt) konnte zwischen den beiden Bodenbearbeitungsverfahren kein Unterschied festgestellt werden. Auch der Anteil beiniger Rüben war in beiden Varianten gleich (Abb. 3).

Die Versuche zur Herbst-Streifenbearbeitung werden in den nächsten Jahren fortgesetzt. Neben den bisher untersuchten Parametern sollen auch spezifische Effekte auf Bodenstruktur, Faserwurzelwachstum, Bodenabtrag durch Wasser und Stickstoffmineralisation erfasst und mit betriebsüblichen Verfahren verglichen werden.

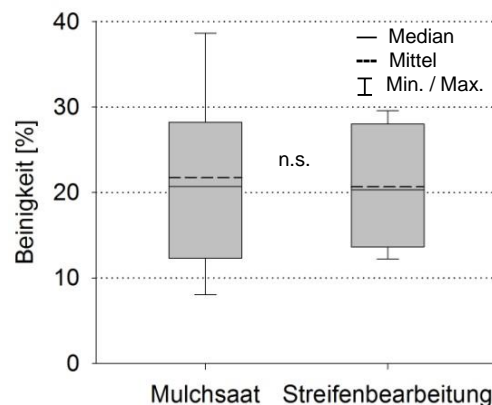


Abb. 3: Effekt der Bodenbearbeitung auf den Anteil beiniger Rüben (Mittel von drei Standorten)

Literatur

Sander, G. (2012): Vorteile der Schlitzsaat nutzen. Zuckerrübe. 61, 42-46.

Reinsaat oder Gemenge? Befallsunterschiede durch *Sitona lineatus* L. und *Acyrtosiphon pisum* H. an *Pisum sativum* L. im Ökologischen Anbau

Marie-Luise Wohlmuth¹, Gabriele Gollner², Elisabeth Koschier¹

¹ Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenschutz, Universität für Bodenkultur, Wien

² Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien

E-Mail: marie-luise.wohlmuth@gmx.net

Einleitung

Die drastische Zunahme des Befalls von Erbsenbeständen mit der Erbsenblattlaus und dem Gestreiften Blattrandkäfer, den beiden Hauptschädlingen der Erbse im Osten Österreichs, war einer der Gründe, dass die Anbaufläche von Erbsen in Österreich innerhalb von 12 Jahren um 75 % abnahm (BMLFUW 2013). Der Blattfraß durch den adulten Blattrandkäfer kann in der Jugendentwicklung, speziell bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen, zu erheblichen Schäden führen (Jackson 1920). Der größere Schaden jedoch wird seinen Larven zugeschrieben, die Wurzelknöllchen befallen und damit die Stickstofffixierung der Erbse herabsetzen können. Auch bei der Blattlaus ist das Vegetationsstadium zum Zeitpunkt des Erstbefalls ein entscheidender Faktor. Tritt dieser im 5-Blatt Stadium auf, so kann es zu Ertragsverlusten bis zu 30 % führen, während der Erstbefall zum Zeitpunkt der Blüte zu keinem signifikanten Schaden führte (Hinz & Daebeler 1984). Wintererbsen können aufgrund ihres Vorsprungs in der Jugendentwicklung und Blüte eine mögliche Alternative zu Sommererbse darstellen. Um die geringe Standfestigkeit bei den Blatttypen zu verbessern, werden Mischungspartner empfohlen (Hartl 2008). Um Befallsunterschiede mit beiden Schädlingen in Reinsaat- und Gemengevarianten bei Erbse herauszufinden, wurde 2012/13 in Raasdorf (Niederösterreich, östlich von Wien) ein wissenschaftlicher Exaktversuch angelegt.

Material und Methoden

Im Versuch wurden zwei Winter- (EFB 33, Stamm 61) und zwei Sommererbsensorten (Protecta, BioSirius) in Reinsaat und im Gemenge (zwei Gemengestufen) mit Getreide (Winterweizen und Sommergerste) angebaut. Der Blattbefall durch den Blattrandkäfer wurde in den BBCH Stadien 15-17 (Blattentwicklung), 33 (Längenwachstum) und 39-59 (Entwicklung der Blühanlagen) erhoben. Die Anzahl seiner Larven/Puppen und die Gesamtzahl der intakten und beschädigten Knöllchen an der Erbsenhauptwurzel wurde im BBCH Stadium 61-71 (Blüte) erhoben. Der Befall durch die Erbsenblattlaus wurde zu drei Terminen (21.5., 28.5. und 10.6.13) bonitiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Blattbefall durch den Blattrandkäfer im kritischen Entwicklungsstadium (15-33) wies keine Unterschiede zwischen den Varianten auf. Die Reinsaatvarianten zeigten während der Blüte und der Hülsenausbildung (BBCH 39-60) eine signifikant geringere Befallsrate als die der Gemengevarianten. Die Variante mit der geringeren Saatkichte (40 Erbsenkörner (24 Körner Bio-Sirius) pro m²) wies die höchsten

Befallswerte auf. Beim Vergleich Winter- vs. Sommererbsen wiesen die Gemengevarianten der Sommererbsen signifikant höhere Werte als die Gemengevarianten der Wintererbsen auf. Neuner (2010) erhielt für Wintererbsen höhere Befallswerte durch den adulten Blattrandkäfer in den Gemengevarianten. Bei der Anzahl der Puppen/Larven und an den Wurzelknöllchen der Erbse gab es keine Unterschiede zwischen den Varianten. Bei den Blattläusen gab es einen signifikant geringeren Befall in den Winter- im Vergleich zu den Sommererbsen. Die Gemenge der Wintererbsen mit geringerer Saattiefe waren signifikant geringer befallen als alle Sommererbsengemengevarianten. Keine Befallsunterschiede ergaben sich jedoch zwischen den Reinsaaten und den Gemengevarianten. Dies entspricht den Ergebnissen von Seidenglanz et al. (2011), die während der Immigration der Läuse keine Unterschiede zwischen den Reinsaat und den Gemengevarianten von Sommererbsen (mit Sommerweizen und -gerste) bei einem ökologisch bewirtschafteten Versuch feststellten. Im Gegensatz dazu fanden Bedoussac et al. (2008) eine signifikant höhere Anzahl an Blattläusen in den Reinsaaten der Wintererbsen im Vergleich zu den Gemengevarianten mit Winterdurum. Auch Grohne & Böhm (2013) verglichen Wintererbsen in Reinsaat mit Triticalegemenge und erhielten geringere Befallswerte für die Gemengevariante. Neuner (2010) beobachtete ebenfalls in einem Wintererbse-Winterroggemenge einen Trend zu einem geringeren Befall als in der Reinsaatvariante. Nach Vandermeer (1989) tendieren tierische Schädlinge die Gemengevarianten weniger zu befallen, jedoch zeigten Risch et al. (1983) in einer Literaturdarstellung, dass in 69 Fällen geringere Befallswerte in gemischten Systemen im Vergleich zu Reinsaaten auftraten, 19 Fälle zeigten im Gemenge eine höhere Befallsrate, in 17 Fälle zeigten sich keine Unterschiede und in 35 Fällen kam es zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Es konnte hinsichtlich des Befalls mit *A. pisum* und *S. lineatus* kein Unterschied zwischen Erbsenreinsaaten und Gemengevarianten festgestellt werden.

Literatur

- Bedoussac, L., Matura, M., Dehant E., Hemptinne, J.-L. & Justes, E. (2008): Is Durum Wheat-Winter Pea Intercropping Efficient To Reduce Pests And Diseases? In: Proceedings of the 10th congress of the European Society of agronomy, 15.-17. September 2008, Bologna.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2013): Grüner Bericht 2013. Online: <http://www.gruenerbericht.at/> (18.09.2013)
- Grohne, A. & Böhm, H. (2013): Blattlaus- und Erbsenwicklerbefall in Wintererbsen-Reinsaaten: Ein Vergleich zu Sommererbsen-Reinsaaten und Wintererbsen-Mischsaaten. In: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5 - 8.3.2013, 102-105.
- Hartl, W. (2008): Wintererbse: Eine Alternative für den Biolandbau? top agrar Österreich 10, 18-19.
- Hinz, B. & Daebeler, F. (1984): Die Schädwirkung der Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum* (Harris)) an großkörnigen Leguminosen. Nachrichtenblätter Pflanzenschutz DDR 38, 179-180.
- Jackson, D.J. (1920): Bionomics of weevils of the genus *Sitona* injurious to leguminous crops in Britain. *Annals of Applied Biology* 7, 269-298.
- Neuner, E. (2010): Wintererbse (*Pisum sativum* ssp. *sativum*): Produktionskriterien und Versuchsergebnisse im Biologischen Landbau unter pannonischen Klimabedingungen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- Risch, S.J., Andow, D. & Altieri, M.A. (1983): Agroecosystem diversity and pest control. *Environmental Entomology* 12, 625-629.
- Seidenglanz, M., Hunady, I., Poslušná, J. & Loes, A.-K. (2011): Influence of Intercropping with Spring Cereals on the Occurrence of Pea Aphids (*Acyrtosiphon pisum* Harris, 1776) and their Natural Enemies in Field Pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Protection Science* 47 (1), 25–36.
- Vandermeer, J. (1989): *The Ecology of Intercropping*. University Press: Cambridge.

Praxiserhebungen zur Wirtschaftlichkeit des konventionellen Körnerleguminosenanbaus

D. Alpmann¹, S. Rohn², J. Braun¹ und B.-C. Schäfer¹

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, 59494 Soest, ² Universität Hamburg, Institut für Lebensmittelchemie, 20146 Hamburg. E-Mail: alpmann.dorothee@fh-swf.de

Einleitung

Körnerleguminosen besitzen in der konventionellen Landwirtschaft zurzeit nur eine marginale Bedeutung. Häufig wird fehlende wirtschaftliche Attraktivität als Grund hierfür genannt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens „LeguAN - Innovative und ganzheitliche Wertschöpfungskonzepte für funktionelle Lebens- und Futtermittel aus heimischen Körnerleguminosen vom Anbau bis zur Nutzung“ wurde die Wirtschaftlichkeit der Körnerleguminosen für die Jahre 2012 und 2013 auf der Grundlage konventioneller landwirtschaftlicher Betriebe analysiert, die Ackerbohnen, Erbsen oder Lupinen anbauen.

Material und Methoden

In Summe der beiden Jahre 2012 und 2013 wurde die Wirtschaftlichkeit des Körnerleguminosenanbaus von 70 konventionellen Betrieben bewertet. Als Berechnungsgrundlage wurde die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) gewählt. Hierbei wurde die zu betrachtende Körnerleguminose betriebsspezifisch mit dem Futtervergleichswert und dem Erzeugerpreis bewertet und betriebsindividuell einer alternativen Vergleichskultur gegenübergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittlichen Erträge lagen in den Jahren 2012 und 2013 bei den Ackerbohnen etwa zwischen 50 und 55 dt/ha. Die Erbsen erzielten etwa 35 bis 40 dt/ha und bei den Lupinen konnten Durchschnittserträge von 20 bis 25 dt/ha geerntet werden. Bedingt durch den guten Futterwert der Leguminosen können insbesondere bei innerbetrieblicher Verwertung hohe Erlöse erzielt werden. Zusätzlich muss auf der Leistungsseite der Vorfruchtwert der Leguminosen Berücksichtigung finden. Dieser setzt sich im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht zusammen aus einer Reduktion des Stickstoffdüngereinsatzes und der Bodenbearbeitungsintensität zur Folgefrucht sowie deren Mehrertrag. Im Mittel der beiden Jahre und der untersuchten Leguminosen konnte ein Vorfruchtwert von etwa 200 €/ha festgestellt werden.

Die Stärke der Leguminosen liegt jedoch nicht nur im Vorfruchtwert, sondern auch in den geringeren Anbaukosten begründet. Dies ist insbesondere auf Einsparungen bei den Düngerkosten, aber auch in den Bereichen Pflanzenschutz und Arbeitserledigungskosten zurückzuführen (Tab. 1). Im Vergleich zum Weizen summieren sich die Gesamtkosten des Körnerleguminosenanbaus auf nur etwa 60 % - 80 %.

Tabelle 1: Relativer Vergleich der wichtigsten Kosten verschiedener Körnerleguminosen gegenüber dem Weizen als Bezugsbasis für das Jahr 2013

| Kosten für: | Weizen (n=15) (Index=100) | Ackerbohne (n=15) | Erbse (n=10) | Lupine (n=6) |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Saatgut | 96,39 €/ha | 139 | 112 | 129 |
| Dünger | 219,25 €/ha | 42 | 32 | 16 |
| Pflanzenschutzmittel | 152,68 €/ha | 82 | 69 | 48 |
| Arbeiterledigungskosten | 372,91 €/ha | 91 | 86 | 75 |
| Gesamtkosten | 865,31 €/ha | 84 | 71 | 59 |

Aus der Untersuchung wird deutlich, dass Ackerbohnen eine wirtschaftliche Alternative für die Betriebe darstellen können. Die Betrachtung der DAL zeigt, dass unter Berücksichtigung des Vorfruchtwertes im Jahr 2013 64 % der Ackerbohnenbetriebe eine höhere DAL erzielen konnten als mit den genannten Vergleichsfrüchten (Tab. 2). Selbst bei Nicht-Beachtung des Vorfruchtwertes liegt der Anteil noch bei 36 %. Bei den Erbsen erwirtschafteten in 2013 sogar 78 % der Betriebe mit der Leguminose eine höhere DAL als mit der angegebenen Vergleichskultur (Tab. 2). Mit den Lupinen konnte ein Drittel der Betriebe ein besseres Ergebnis erzielen als mit der Vergleichsfrucht (Tab. 2).

Tabelle 2: Von den Landwirten in 2013 genannte Vergleichsfrucht für die entsprechende Körnerleguminose

| Ackerbohne (n=14) | | Erbse (n=9) | | Lupine (n=6) | |
|----------------------|------|----------------|------|-----------------|------|
| Winterweizen | 71 % | Winterweizen | 33 % | Roggen | 67 % |
| Sommergerste | 14 % | Sommergerste | 22 % | Winterweizen | 33 % |
| Hafer | 7 % | Mais | 22 % | | |
| Raps | 7 % | Wintergerste | 11 % | | |
| | | Triticale | 11 % | | |

Körnerleguminosen haben in der konventionellen Landwirtschaft zurzeit nur eine geringe Bedeutung. Die vorliegende Auswertung zeigt jedoch, dass die Leguminosen durchaus für viele Betriebe eine konkurrenzfähige Alternative darstellen und daher ihre Berechtigung in den Fruchtfolgen haben. Bei den dargestellten Werten handelt sich um Durchschnittswerte der Jahre 2012 und 2013, daher ist eine betriebs-spezifische Bewertung unumgänglich.

Entwicklung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen

Sommer, H.¹, Schulz, H.² und A. Sundrum¹

¹Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit, Universität Kassel, Witzenhausen; ²Fachgebiet für Ökologische Landwirtschaft, Universität Kassel, Witzenhausen.
E-Mail: hendrik.sommer@uni-kassel.de

Einleitung

Der vorliegende Beitrag soll der Frage nachgehen, wie feinsamige Leguminosen zur Deckung des Proteinbedarfs in der Ernährung ökologisch gehaltener Monogastrier unter dem Gesichtspunkt der vorrangigen Nutzung regionaler Ressourcen genutzt werden können. Der wesentliche Aspekt dieser Untersuchung liegt in der Klärung der Frage, welchen Einfluss die Wuchshöhe und damit das Nutzungsstadium der Bestände auf den Gehalt an essentiellen Aminosäuren besitzen.

Material und Methoden

Dazu wurde am Standort Witzenhausen der Universität Kassel ein Gewächshausversuch angelegt mit folgenden feinsamigen Leguminosen: Luzerne (*Medicago sativa*) und Rotklee (*Trifolium repens*), Weißklee (*Trifolium pratense*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Perserklee (*Trifolium resupinatum*). Von jeder Art wurden 10 Töpfe angesät. Nach Erreichen einer Wuchshöhe von 10 cm wurden jeweils 2 Töpfe jeder Art geerntet und die Frischmasse gewogen. Die anderen Töpfe wurden jeweils nach einer weiteren Woche geerntet. Die Ernteproben je eines Topfes wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Die Proben des jeweils anderen Topfes wurden in Blatt- und Stengelmasse getrennt. Diese Ergebnisse sind nicht Gegenstand dieses Beitrages. Die Rohprotein- und Aminosäurebestimmung erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) auf Basis einer im Rahmen des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“ erstellten Kalibration für Futterleguminosen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass der Gehalt an Rohprotein sowie an essentiellen Aminosäuren mit zunehmender Wuchshöhe und damit mit fortschreitender Pflanzenentwicklung abnimmt. Abbildung 1 stellt für das Lysin die berechneten Zusammenhänge in Form von linearen Regressionen dar. Aus Platzgründen ist die entsprechende Darstellung für Rohprotein nicht aufgeführt. Während alle fünf Arten zu Beginn einen ähnlich hohen Rohprotein- und Lysingehalt aufgezeigt haben (XP: Ø 30,5 g 100 g⁻¹; Ø 1,55 g 100 g⁻¹ sowie LYS: Ø 19,8 g 1000 g⁻¹; Ø 0,59 g 1000 g⁻¹), nahmen bei der Luzerne diese Gehalte mit zunehmendem Wuchs weniger ab im Vergleich zu den übrigen Arten. Tabelle 1 zeigt die zu den Regressionsanalysen zugehörigen Regressionsgleichungen sowie R², hier sowohl für Rohprotein als auch für Lysin. Insgesamt lagen die Rohproteingehalte insbesondere zu Beginn der Pflanzenentwicklung auf hohem Niveau (vgl. z.B. HARTMANN et. al. 2014), das die Luzerne auch halten konnte. Bei Rot- Weiß- und Inkarnatklee sank der Rohproteingehalt zu vierten Wuchshöhe auf ein durchaus mit der Literatur

vergleichbares Niveau zwischen 22 und 24 g 100 g⁻¹ (vgl. z.B. MEINSEN et al. 2005). Perserklee zeigt hier einen hohen XP-Gehalt von 28 g 100 g⁻¹. Auch die Anfangsgehalte des Lysins sind als sehr hoch einzuschätzen, und auch hier konnte die Luzerne das Niveau halten. Bei Rotklee sank der Gehalt auf ein zu erwartendes Niveau.

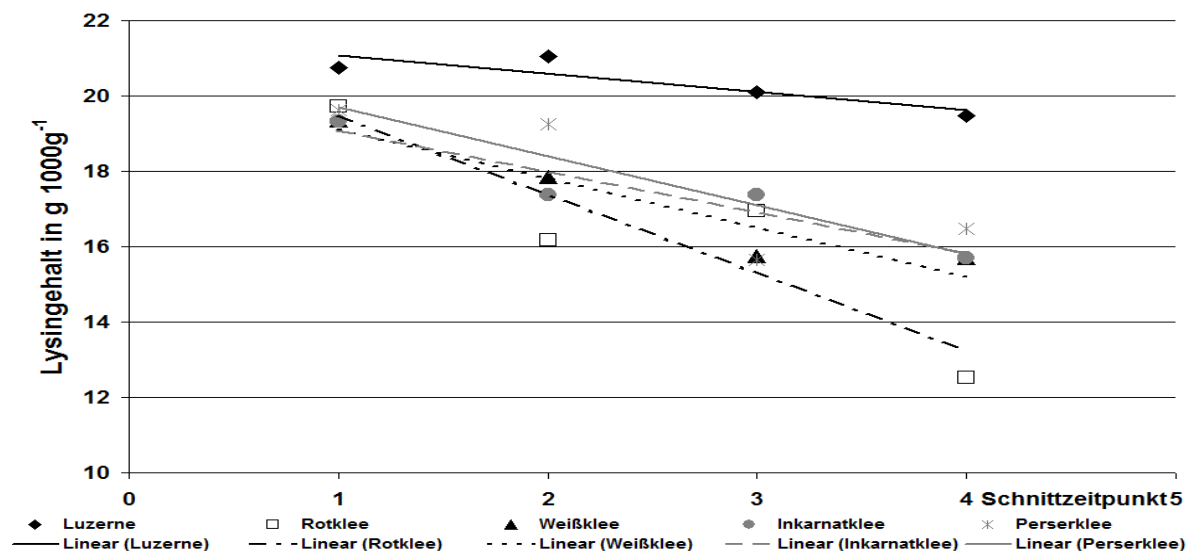


Abbildung 1: Beziehung zwischen dem Rohproteingehaltes und dem Schnittzeitpunkt

Tabelle 1: Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße

| Art | Rohprotein | | Lysin | |
|--------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | Regressionsgleichung | R ² | Regressionsgleichung | R ² |
| Luzerne | $y = -0,8293x + 33,089$ | 0,95 | $y = -0,4792x + 21,546$ | 0,78 |
| Rotklee | $y = -2,5493x + 33,088$ | 0,92 | $y = -2,0814x + 21,544$ | 0,82 |
| Weißklee | $y = -1,6016x + 30,687$ | 0,88 | $y = -1,3052x + 20,422$ | 0,90 |
| Inkarnatklee | $y = -1,245x + 29,623$ | 0,99 | $y = -1,0873x + 20,162$ | 0,90 |
| Perserklee | $y = -1,0729x + 32,332$ | 0,89 | $y = -1,304x + 21,007$ | 0,72 |

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen schlussfolgern, dass der Einsatz in der Ernährung ökologisch gehaltener Monogastrier umso effektiver wird, je früher der Bestand genutzt wird.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Förderung des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Klearten“.

Literatur

HARTMANN, S., ECKL, T., H. HEGNER, H., NEFF, R., PROBST, M. SCHMIDT, M., STEFFEN, E. und WOJTKE, E. (2014): Ergebnisse aus Feldversuchen Luzerne 2006 – 2008. Herausgeber: Ländergruppe Mitte Süd.

MEINSEN, C., STERZ, L. und DITMANN, L. (2005): Dynamik der Futterqualität von Rotklee-Grasgemengen in Abhängigkeit von der Sortenwahl und dem Graspartner. 49. Jahrestagung, 25.-27. August 2005. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7. Seite 111-114.

Eignung der NIRS-Methode zur Analyse von Aminosäuren in Luzerne und kleeartigen Leguminosen

Sommer, H. und A. Sundrum

Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit, Universität Kassel, Witzenhausen;
E-Mail: hendrik.sommer@uni-kassel.de

Einleitung

Die Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie ist ein indirektes Verfahren zur Messung der spektroskopisch-physikalischen Eigenschaften von z.B. Futtermittel- oder Pflanzenproben, bei dem die Proben im Nah-Infrarotlicht des Wellenlängenbereichs von 800-2500 nm bestrahlt werden und dadurch Kombinations- und Oberschwingungsbanden der in der Probe vorhandenen OH-, NH- und CH-Bindungen verursacht. Die Intensität des von der Probe reflektierten oder durch sie hindurch scheinenden Lichtes lässt auf die Quantität der Inhaltsstoffe schließen (Vgl. DIETERLE et al. 2003). Prinzipiell lassen sich auf diese Weise Wassergehalt, die Weender-Rohnährstofffraktionen, die Van-Soest-Fraktionen und auch Aminosäuren quantitativ abschätzen. In vorliegendem Beitrag wird eine NIRS-Kalibration vorgestellt, durch die eine schnelle und rückstandsfreie Analyse des Rohprotein- und Aminosäuregehaltes von Luzerne (*Med. sativa*) und kleeartigen Leguminosen (*Trif. repens*, *Trif. pratense*, *Trif. incarnatum*, *Trif. resupinatum*) möglich ist.

Material und Methoden

Die Ernteproben wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Insgesamt wurden bei jeweils 60 Proben naßchemische Analysen für Rohprotein und Aminosäuren durchgeführt. Parallel wurden diese Proben gescannt, und aus 45 Proben der Kalibrierungssatz sowie aus den übrigen 15 Proben der Validierungssatz gebildet.

Die Rohproteinbestimmung erfolgte nach VDLUFA-Methode 4.1.1 (Kjeldahl). Dazu wurde das zu untersuchende Material auf nass-chemischem Wege aufgeschlossen. Im ersten Arbeitsschritt wurde jede Probe mit Salzsäure aufgeschlossen. Durch Zugabe von Lauge und Wärme wird Ammoniak freigesetzt. Dieser wurde bei der Destillation abgetrennt, kondensiert und einer Säurevorlage eingeleitet. Die Stickstoffmenge wurde dann durch Säure-Titration festgestellt und mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um vom Stickstoffgehalt auf den Rohproteingehalt zu schließen.

Zur Messung der Aminosäuregehalte wurde zunächst bei jeder Probe eine saure Hydrolyse durchgeführt. 10 – 15µg der homogenisierten Proben wurden jeweils auf 2µg genau in ein Hydrolyse-Röhrchen eingewogen, mit 4 mL 6N HCl versetzt, bei -62°C eingefroren, unter Vakuum (<15 mbar) verschmolzen und 24h bei 115°C hydrolysiert. Anschließend wurden die Proben bei 36°C ca. 10 h getrocknet (Vakuumentrifuge). Die getrockneten Proben wurden jeweils in 2ml Probenverdünnungspuffer (Na-Acetatpuffer, pH 2,2) aufgenommen, 10 Min. im Vortexer gelöst, anschließend quantitativ in 5ml Messkolben überführt und bis zur Eichmarke aufgefüllt. Vor der chromatographischen Messung wurden die Proben 10 Minuten bei 13000 U/min. zentrifugiert, um etwa vorhandene Schwebstoffe zu entfernen. Im Anschluss an die saure Hydrolyse wurden die Proben der chromatographischen Messung zugeführt. Hierzu wurde ein Aminosäureanalytiker LC3000 verwendet. Die Analyse erfolgte mittels Auftrennung des Probengemisches

über eine Polymer-Kationenaustauschersäule, Partikelgröße 4µm, (125 x 4mm ID), Nachsäulen-Derivatisierung mit Ninhydrin bei 125°C und photometrischer Detektion bei 570nm. Das Probenvolumen betrug 20µl. Die Datenaufnahme erfolgte mit der Chromatographie-Software ChromStar 6.0.

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass bei einer geeigneten Auswahl von Kalibrierungs- und Validierungsproben über die gesamte zu erwartende Varianz der Gehalte von Rohprotein (vgl. Abb.1) und der einzelnen Aminosäuren deren Bestimmung auf Basis von NIRS sehr gut möglich ist. Der entwickelte Kalibrations-Satz wurde im Rahmen des BLE-Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Med. sativa*) und verschiedenen Kleearten“ verwendet und konnte zur Erarbeitung verschiedener Forschungsergebnisse beitragen.

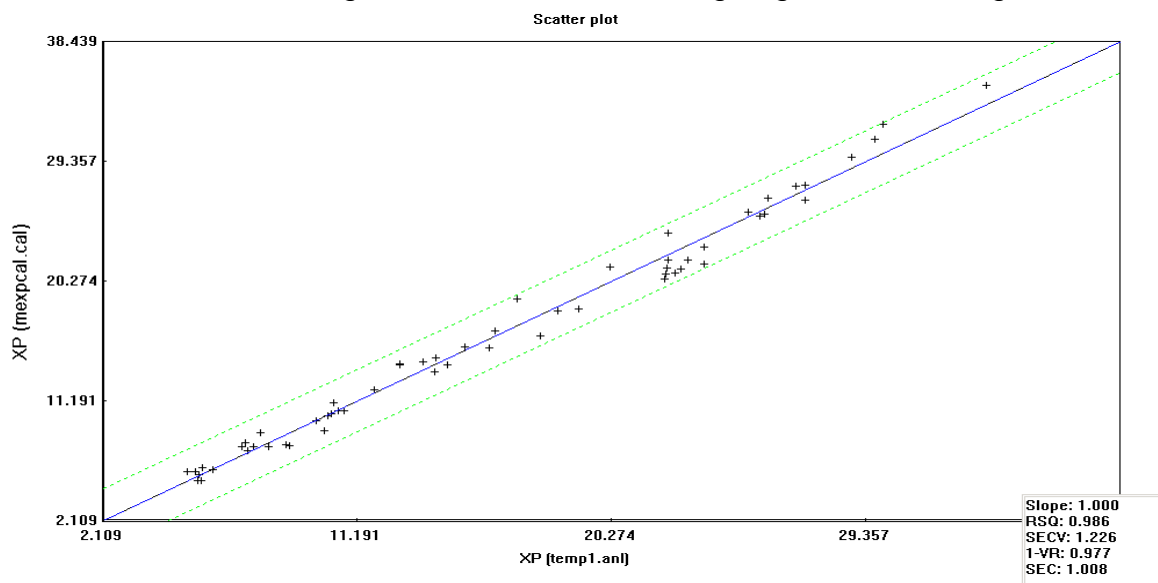


Abbildung 1: Vergleich der gemessenen und mittels NIRS geschätzten Rohproteingehalte sowie relevante Güteparameter der Regression

Bei den schwefelhaltigen Aminosäuren allerdings scheint die Methode der sauren Hydrolyse zu einer Zerstörung geführt zu haben. Sie wurden zu einem überwiegenden Teil bei der chromatographischen Messung mit einem Nullwert gemessen. Hier soll vor der sauren Hydrolyse zusätzlich ein Oxidationsschritt in Anlehnung an die Richtlinie 98/64/EG vom 03.09.1998 eingefügt werden, bei dem Cystein bzw. Cystin zu Cysteinsäure und Methionin über Methioninsulfoxid zu Methioninsulfon oxidiert wird. Die Ergebnisse dieser Vergleichsanalyse werden zeitnah veröffentlicht.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Förderung des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“.

Literatur

DIETERLE, P., ENGLING, F.-P., HORST, H., PAUL, CHR., ROBOWSKY, K.-D. und P. TILLMANN (2003): Die Anwendung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bei der Untersuchung von Futtermitteln und pflanzlichen Produkten. VD-LUFA Standpunkt, Fachgruppe VI Futtermittel, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.), Bonn.

Bodenansprüche und Anbauempfehlungen von Körnerleguminosen: Wie konsistent sind Informationen aus der Fachliteratur?

Thomas F. Döring

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau;
E-Mail: thomas.doering@agrار.hu-berlin.de

Einleitung

Körnerleguminosen (KL) sind bedeutende Proteinlieferanten und erfüllen im Ackerbau wichtige Funktionen (Alpmann and Schäfer, 2014), u.a. indem sie getreidelastige Fruchtfolgen auflockern. Um die vielfältigen Vorteile der Einbindung von KL in die landwirtschaftliche Produktion jedoch optimal nutzen zu können, ist es essentiell, dass den am Anbau interessierten landwirtschaftlichen Betrieben verlässliche Informationen zu den verschiedenen KL-Arten zur Verfügung stehen. Dies gilt sowohl für die Ansprüche der Arten an Umweltbedingungen als auch für Empfehlungen zum Anbau, z.B. hinsichtlich der Fruchtfolgegestaltung. Ziel der Untersuchung war es zu prüfen, wie konsistent Informationen aus der Fachliteratur zu den Ansprüchen und zum Anbau von KL sind.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 13 Quellen für die Untersuchung herangezogen; davon waren 6 Quellen zwischen 2002 und 2014 veröffentlicht, die restlichen 7 Quellen waren älteren Datums. Ein Schwerpunkt der Quellenauswahl lag auf Praxishandbüchern. Für die Angaben zum Boden-pH, zu Anbaupausen, zur Saattiefe und zur Saattiefe wurden je Literaturquelle die empfohlenen Minima und Maxima für die drei Lupinenarten *Lupinus luteus*, *L. angustifolius* und *L. albus*, sowie für Ackerbohnen (*Vicia faba*), Körnererbse (*P. sativum*) und Sojabohne (*Glycine max*) aufgenommen. Für jeden Wert dieser vier Parameter konnte somit der Anteil der Quellen bestimmt werden, die den entsprechenden Wert in ihre Empfehlungen einschließt.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Quellen machen stark uneinheitliche Angaben zu den vier Parametern (Abb. 1). So differieren bei den tolerierten pH-Minima der KL die Quellen in ihren Angaben um durchschnittlich 1 pH-Stufe (Abb. 1a); besonders groß sind die Differenzen bei den drei Lupinenarten. Für die tolerierten pH-Maxima waren die Schwankungen weniger stark, im Mittel über die Arten unterschieden sich die Quellen um 0.75 pH-Stufen.

Eine ähnliche Inkonsistenz zeigte sich bei den empfohlenen Anbaupausen in der Fruchtfolge (Abb. 1b); hier zeigte sich bei der Sojabohne, dass die minimal einzuhaltende Pause um bis zu 4 Jahre zwischen den untersuchten Quellen differierte. Unterschiede in den Empfehlungen zur Saattiefe (Abb. 1c) und zur Saattiefe (Abb. 1d) waren ebenfalls erkennbar. Gleichzeitig wird aber in der Zusammenschau der Literatur auch die Abstufung der verschiedenen KL-Arten deutlicher sichtbar als bei der Betrachtung nur einzelner Quellen.

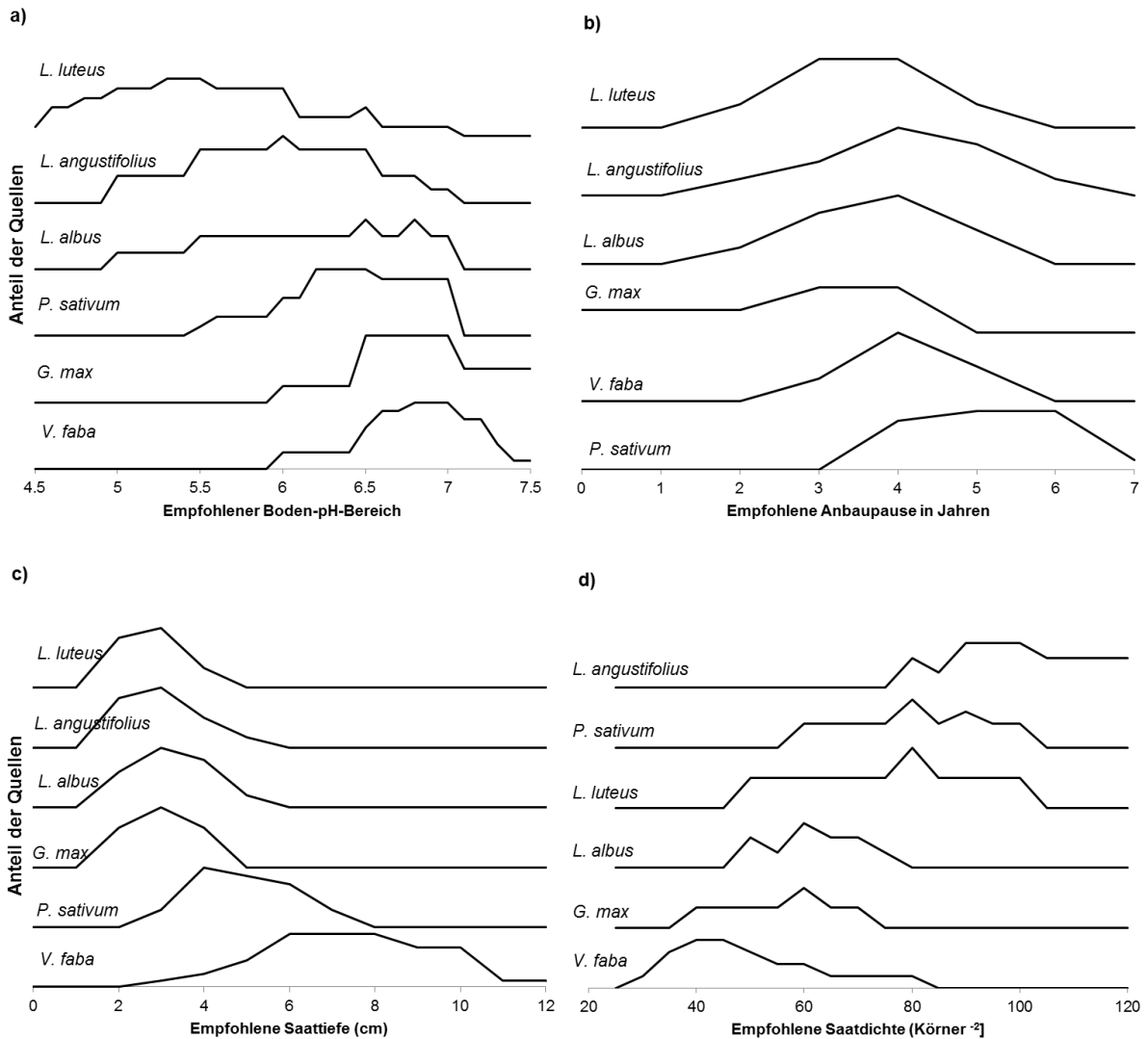


Abbildung 1: Angaben zu Boden-pH, Anbaupausen, Saattiefe und Saattiefe aus 13 Literaturquellen. Für jeden Wert der vier Parameter ist der Anteil der Quellen dargestellt, die den entsprechenden Wert in ihre Empfehlungen einschließt. Je Art reicht die Ordinate von 0 bis 100%, wobei 100% mit der jeweils darüber liegenden 0%-Linie zusammenfällt.

Die Ergebnisse zeigen demnach, dass sich für die Praxis erst in der Gesamtschau mehrerer Quellen eine verlässliche Information über KL ergibt. Darüber hinaus weist die Analyse trotz geringer Zahl der untersuchten Quellen bereits darauf hin, dass auch bei sehr grundlegenden Eigenschaften der KL-Arten wie dem tolerierten Boden-pH-Bereich systematische Untersuchungen der Sachlage notwendig sind, um die gefundenen Inkonsistenzen aufzuklären.

Literatur

Alpmann, D., Schäfer, B.C., 2014. Der Wert von Körnerleguminosen im Betriebssystem. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Berlin.

Genotypic variation in root architectural and morphological traits in pea (*Pisum sativum*) and soybean (*Glycine max*) seedlings

Klavács Barbara, Trittinger Susanne, Kaul Hans-Peter, Manschadi Ahmad M. und Vollmann Johann

BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Crop Sciences
E-Mail: susanne.trittinger@gmx.at

Introduction

Phosphorus (P) is a widely distributed element but its chemical properties are making P to one of the most inaccessible nutrients for plant growth. Low soil P availability limits crop production in many areas of the world. Especially developing countries have to face problems caused by low soil fertility since mineral fertilizers are not affordable for most low input farmers (Rose et al. 2010, St.Clair and Lynch 2010). Today, most of the P is obtained from P rock, which is a non-renewable resource that is likely to be depleted within the next 100 years (Cordell et al. 2009). Hence, the cultivation of plant genotypes that use soil resources efficiently is seen as a sustainable use of soil P (St.Clair and Lynch 2010). P efficient plants produce higher yields per unit P applied or absorbed compared with other plants grown under similar agroecological conditions (Wang et al. 2010). A major strategy to improve the P efficiency is to increase P acquisition by the roots (Gahoonia and Nielson 1996). Root architecture (the spatial configuration of a root system) and morphology (root traits of a single root axis) have been shown to play an important role in the uptake of soil resources since an extensive root system explores a larger volume of soil (Lynch 1995). This study aimed to evaluate genetic variations in root systems of different soybean and pea genotypes with emphasis on root architectural and morphological traits that are associated with P acquisition.

Material und Methods

The plant material was provided by breeding companies and the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. A total of 32 pea (*Pisum sativum*) and 33 soybean (*Glycine max*) genotypes were screened in six replications for root characteristics. First, seeds were sterilized and incubated for germination for 72 hours at 25°C in the dark. Afterwards, seedlings were placed into a pouch system. A pouch unit consisted of a perforated plexiglass, a blue blotter paper, covered by a clear plastic sheet, with a black plastic sheet on top. The pouches were placed at a slight angle vertically into trays containing a full nutrient solution. Pea seedlings were grown for 11 days and soybean seedlings for 14 days in a growth chamber at 20°C and a day length of 14 hours. At the end of the growing period root systems of the seedlings were scanned at 600 dpi with a flatbed scanner. The images were analysed with WinRHIZO Pro and OpenGelPhoto2a software. Statistical analysis was employed using SAS 9.2.

Results and Discussion

In pea, measured characteristics included root angle (49-66°), total surface area (15-117 cm²), lateral root number (25-63) and total root length (79-763 cm). In soybean, significant variations were detected for basal root angle (52-73°), total surface area

(15-44cm²), total root number (52-115) and total root length (96-262 cm).

This study provided evidence for the existence of a big variation in root characteristics in soybean and pea germplasm, which indicates genetic potentials for selection of nutrient efficient genotypes. The present work was conducted under optimal growing conditions with sufficient P supply. However, the variability of root traits is influenced by genetic and environmental factors. Thus, the presented results need to be verified under field conditions. The pouch system provided a simple and rapid screening technique and was an adequate method to measure root traits of soybean and pea seedlings. Image analysis using WinRHIZO has shown to be sensitive to image resolution. Measured values for root length decreased when reducing the image resolution. Thus, presented results for root length may be overestimated.

Literature

- Cordell D., Drangert J., and White S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19: 292-305.
- Gahoonia T.S., and Nielson N.E. (1996). Variation in acquisition of soil phosphorus among wheat and barley genotypes. *Plant and Soil* 178: 223-230.
- Lynch J. (1995). Root Architecture and Plant Productivity. *Plant Physiology* 109: 7-13.
- Lynch J.P. (2011). Root Phenotypes for Enhanced Soil Exploration and Phosphorus Acquisition: Tools for Future Crops. *Plant Physiology* 156: 1041-1049.
- St.Clair S., and Lynch J. (2010). The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries. *Plant and Soil* 335: 101-115.
- Rose T.J., Pariasca-Tanaka J., Rose M.T., Fukuta Y., and Wissuwa M. (2010). Genotypic variation in grain phosphorus concentration, and opportunities to improve P-use efficiency in rice. *Field Crop Research* 119(1): 154-160.
- Wang X., Yan X., and Liao H. (2010). Genetic improvement for phosphorus efficiency in soybean: a radical approach. *Annals of Botany* 106: 215-222.

Auswirkung der Bodenbearbeitungsverfahren Mulchsaat und Strip-Tillage auf die Lumbricidenfauna einer Schwarzerde

Barbara Koblenz, Matthias Lehmann und Olaf Christen

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften /Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Halle/Saale. E-Mail: barbara.koblenz@landw.uni-halle.de

Einleitung

Regenwürmer (*Lumbricidae*) übernehmen vielfältige Aufgaben, die für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit erforderlich sind (Paoletti, 1999). Das Auftreten von Regenwurmpopulationen in Ackerböden wird durch Bodenbearbeitungsverfahren in unterschiedlicher Weise beeinflusst. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, am Beispiel des Mulchsaat- und Strip-Tillage-Verfahrens die Lumbricidenfauna unter den Kulturarten Mais und Winterraps zu bewerten. Bei der sogenannten Streifenbearbeitung (Strip-Tillage) bleibt ein definierter Anteil des Bodens unbearbeitet.

Material und Methoden

Die Untersuchungen werden auf einer Dauerversuchsfläche am Standort Bernburg-Strenzfeld durchgeführt. Der Standort befindet sich in Sachsen-Anhalt am Südrand der Magdeburger Börde im Mitteldeutsche Trockengebiet. Der Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage angelegt, wobei der Faktor 1 die Fruchtart repräsentiert (Silomais, Winterweizen, Winterraps, Winterweizen). Die Fruchtartenparzellen sind in Großspalten (50m x 108m) und Zeilen als lateinisches Quadrat angelegt. Der zweite Faktor beschreibt die Bodenbearbeitungsvarianten, welche in den Großspalten als Kleinparzellen enthalten sind (50m x 18m). Nach einjähriger Versuchsdauer wird die Artenzusammensetzung, Abundanz, Biomasse und Arten-Diversität der Regenwürmer auf den ganzflächig bearbeiteten Mulchsaatvarianten im Vergleich zu den Parzellen mit streifenförmiger Bodenvorbereitung erfasst. Beim Strip-Tillage-Verfahren werden die Bereiche der bearbeiteten und unbearbeiteten Streifen unterschieden. Als Fangmethode dient die Handauslese in Verbindung mit der Formalinaustreibung (DIN ISO 11268-3, 2000). Im Labor erfolgt die Unterscheidung in juvenile und adulte Lumbriciden und die Bestimmung der Arten sowie zugehörigen Kenngrößen. Aus der Gruppe verteilungsunabhängiger Signifikanztests zum Vergleich zweier Stichproben wurde der Mann-Whitney-Test (U-Test) angewendet (LORENZ, 1996).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt werden auf dem Ackerstandort sechs Regenwurmartarten ermittelt. Unter den adulten Tieren dominieren die endogäische Lebensformtypen gegenüber den anözischen Vertretern. Die tiefgrabende Art *L. terrestris* wird in allen Bearbeitungsvarianten mit einem geringen Anteil nachgewiesen (Daten nicht dargestellt). Unter Mais unterscheidet sich die Anzahl aller Regenwürmer zwischen Grubbereinsatz (18 Ind. m⁻²) und unbearbeitetem Reihenzwischenraum bei Strip-Tillage (31 Ind. m⁻²) signifikant. Bei der Regenwurmbiomasse unter Mais gibt es keine statistisch gesicherten Unterschiede.

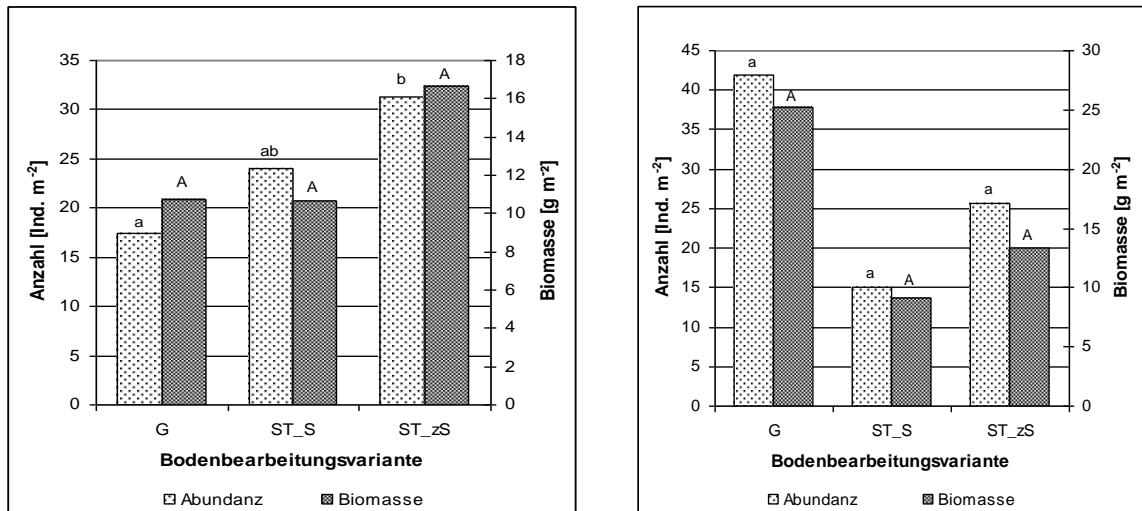


Abb. 1: Gesamtabundanz [Ind. m⁻²] und -biomasse [g m⁻²] unter **Mais** und **Winterraps** (unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen Signifikanzen zwischen den Gesamtabundanz; unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen Signifikanzen zwischen den Gesamtbiomassen; Mann-Whitney-Test, $p \leq 0,05$)

Die Gesamtbiomasse sowie die Erhebungen der Abundanz und Biomasse im Winterraps zeigen keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten.

Der Einsatz von Arbeitsgeräten für die streifenförmige Bodenbearbeitung kann die Regenwurmaktivität begünstigen. Die Ergebnisse dienen als Datengrundlage für nachfolgende Standortbeprobungen, um zukünftig Änderungen in der Populationsstruktur zu beurteilen.

Literatur

LORENZ, R. J. (1996): Grundbegriffe der Biometrie. 4. Auflage. Stuttgart u. a.: Gustav Fischer Verlag.

DIN ISO 11268-3 (2000): Bodenbeschaffenheit - Wirkung von Schadstoffen auf Regenwürmer - Teil 3: Anleitung für die Bestimmung von Wirkungen unter Freilandbedingungen. Berlin: Beuth.

PAOLETTI, M. G. (1999): The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 74, S. 137-155.

TISCHER, S. (2010): Lumbriciden als Bioindikatoren für Standorteigenschaften. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 70 (4), S. 124-128.

Strip-Till bei Winterraps

Hermann, W.¹, Pflugfelder, M.¹, Link-Dolezal, J.² und Claupein, W.²

¹Universität Hohenheim, Versuchsstation Agrarwissenschaften, Stuttgart; ²Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Stuttgart. E-Mail: *wilfried.hermann@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Voraussetzung für hohe Winterrapsenerträge ist eine gelungene Bestandesetablierung im Herbst. Dies stellt vor allem bei nichtwendender Bodenbearbeitung auf Standorten mit hohen Tongehalten eine Herausforderung dar. In der vorliegenden Untersuchung sollte unter Praxisbedingungen geprüft werden, ob die Streifenbearbeitung (Strip-Till) unter diesen Bedingungen eine Alternative zur Mulchsaat darstellt. Bei diesem Verfahren wird lediglich der Streifen in den später die Kulturen gesät werden, gezielt gelockert und der Wurzelraum durch die Bearbeitung mit einem Zinken gleichzeitig von Ernterückständen befreit. Zudem ermöglicht dieses Verfahren gleichzeitig mit der Bodenbearbeitung eine gezielte Düngerplatzierung unter der späteren Pflanzenreihe.

Material und Methoden

Der Anbau von Winterraps im absätzigen Strip-Till-Verfahren wurde im Erntejahr 2012 auf dem Standort Ihinger Hof der Universität Hohenheim (Landkreis Böblingen, 500 m NN, 685 mm Niederschlag, 9,1°C Durchschnittstemperatur (Mittelwert der letzten 10 Jahre)) mit den Varianten Mulchsaat (Flügelschargrubber) nach Stoppelbearbeitung, Strip-Till nach Stoppelbearbeitung sowie Strip-Till ohne Stoppelbearbeitung getestet. Der Versuch war als Streifenanlage mit sechsfacher Wiederholung auf einem heterogenen Praxisschlag (Ackerzahl 43-60) angelegt.

Die Streifenbearbeitung auf ca. 17 cm Tiefe Mitte August mit einem Streifenlockerer (Horsch Focus Prototyp, 6-reihig) im Reihenabstand von 50 cm erfolgte am 18.08.2011. Gezogen wurde das Gerät von einem Schlepper mit 160 PS ausgestattet mit einem automatischen RTK-GPS-gestützten Lenksystem. Sämtliche Varianten wurden einheitlich in Einzelkornsaat mit einer Prismenwalze als Frontpacker am 19.08.2011 ausgesät; die Saatedichte betrug 20 keimfähige Körner m⁻² (Reihenabstand einheitlich 50 cm). Zur Aussaat wurden die zur Streifenbearbeitung verwendeten A-B-Linien erneut geladen und verwendet.

Ebenso wurde die Herbst-N-Düngung (50 kg N ha⁻¹) bei den Strip-Till-Varianten in zwei Stufen variiert (breitflächig, Unterflur bei der Lockerung in 17 cm Tiefe).

Der Streifenversuch wurde mit einem Mähdrescher ausgestattet mit Ertragskartierung gedroschen und in Abhängigkeit der Varianten und der Ackerzahl aus der Reichsbodenschätzung ausgewertet (Mittelwert und Standardabweichung).

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel ergaben sich bei der Variante Strip-Till mit Stoppelbearbeitung (4,27 t ha⁻¹) gegenüber Mulchsaat (4,06 t ha⁻¹) und Strip-Till ohne Stoppelbearbeitung (4,07 t ha⁻¹) die höchsten Kornerträge. Eine Ursache für die Mindererträge ohne Stoppelbearbeitung war der massive Mäusebefall in dieser Variante (Abb. 1).

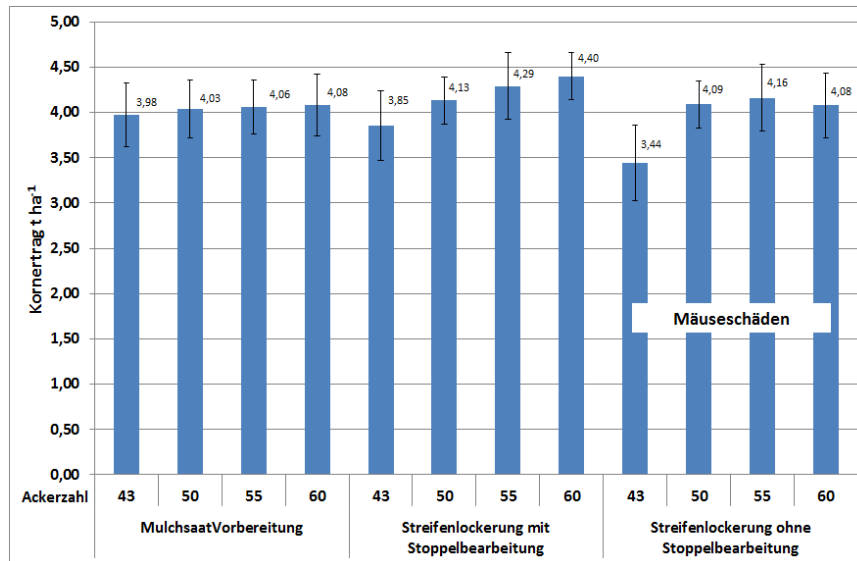


Abb. 1: Korntrag (Mittelwert und Standardabweichung) von Winterraps (Einzelkornsaat) in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und der Ackerzahl.

Mit steigender Ackerzahl zeigten die Kornträge in den Strip-Till-Varianten eine steigende Tendenz. Demgegenüber konnte bei der Mulchsaat kein Einfluss der Ackerzahl festgestellt werden. Möglicherweise zeigen sich die Vorteile des Strip-Till-Verfahrens vor allem unter besseren Standortbedingungen. Insgesamt wurde in den Strip-Till-Varianten ein ca. 2 Tage früherer Feldaufgang und eine bessere Einzelpflanzenentwicklung beobachtet.

Die Platzierung der N-Düngung hatte im Vergleich zur breitflächigen Düngung eine höhere Biomasseentwicklung im trockenen Herbst 2011 zur Folge (Abb. 2), allerdings zeigten sich keine Auswirkungen auf den Korntrag.



Abb. 2: Herbstentwicklung bei Winterraps in Abhängigkeit von der N-Düngung.

Literatur

Hermann W., Bischoff J., Bauer, B., 2012: Strip-Till - Erosion vermeiden, DLG-Verlag.

Analyse von Ertragseffekten ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf Grundlage eines Dauerfeldversuchs in Süddeutschland

T. Bryzinski, K.-J. Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan. E-Mail: taras.bryzinski@tum.de

Einleitung

Mit dem Dauerfeldexperiment „Systemversuch“ in Viehhausen (nähe Freising) werden Wirkungen von sechs landwirtschaftlichen Anbausystemen auf den Boden und den Pflanzenertrag, sowie auf die Umwelt vergleichbar gemessen, analysiert und modelliert. Dies erlaubt sowohl einen Vergleich der ökologischen und konventionellen Systeme, sowie einen Systemvergleich innerhalb der ökologischen Systeme. Im vorliegenden Beitrag werden zunächst die Ertragsleistungen jeweiliger Anbausysteme im Winterweizenertrag und auf Fruchtfolgenebene miteinander verglichen.

Material und Methoden

Auf der Grundlage dreijähriger feldexperimenteller Ertragsdaten (2011-2013) zu folgenden sechs Prüffaktoren: vier ökologische Anbausysteme (Marktfrucht, Milchvieh-Gülle, Milchvieh-Stallmist, Biogas-Gärrest) und zwei konventionelle Anbausysteme (Marktfrucht, Milchvieh-Gülle), mit vier Wiederholungen, am Standort Viehhausen erhoben (786 mm mittlerer Jahresniederschlag und 7,8°C mittlere Jahrestemperatur), wurde eine statistische Analyse durchgeführt.

Die Anbausysteme unterscheiden sich durch systemkonforme Düngungsformen und systembedingte Fruchtfolgen. In den fünffeldrigen Fruchtfolgen wird der Winterweizen in den ökologischen Systemen jeweils nach Luzerne-Klee gras angebaut. In den konventionellen Systemen kommt diese Fruchtart zweimal in der Fruchtfolge vor, jeweils mit Mais und Raps als Vorfrucht. Des Weiteren unterscheiden sich die Systeme in der Ertragsverwendung (Ernte, Stroh- bzw. Gründüngung).

Unter Berücksichtigung dieser Unterschiede wurde die Ernte der Haupt- und Nebenprodukte jeweiliger Systeme (ohne Leistungen aus der Tierhaltung oder der Biogasanlage) mit dem aktuellen Getreideeinheiten-Schlüssel (Klapp, 2011) zu Fruchtfolge-Leistungen verrechnet und vergleichbar gemacht. Die im Poster dargestellten Umweltwirkungen werden mit dem Betriebs- und Umweltmanagementsystem REPRO (Hülsbergen, 2003) berechnet und analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

In den ökologischen Fruchtfolgen traten deutliche Effekte der organischen Düngung, ausgenommen die Stallmistdüngung, (Tab. 1) in den Weizenerträgen gegenüber dem ökologischen Marktfruchtssystem auf, in welchem lediglich über symbiotische N-Bindung und Gründüngung dem System Stickstoff zugeführt wurde.

Das Biogas-System mit Gärrestdüngung bringt die höchsten Erträge innerhalb des ökologisch erzeugten Weizens hervor und unterscheidet sich signifikant von den Stallmist- und Marktfruchtvarianten.

In den konventionellen Fruchtfolgen zeigt sich über alle drei Jahre ein signifikanter Mehrertrag aufgrund der positiven Vorfruchtwirkung des Rapses.

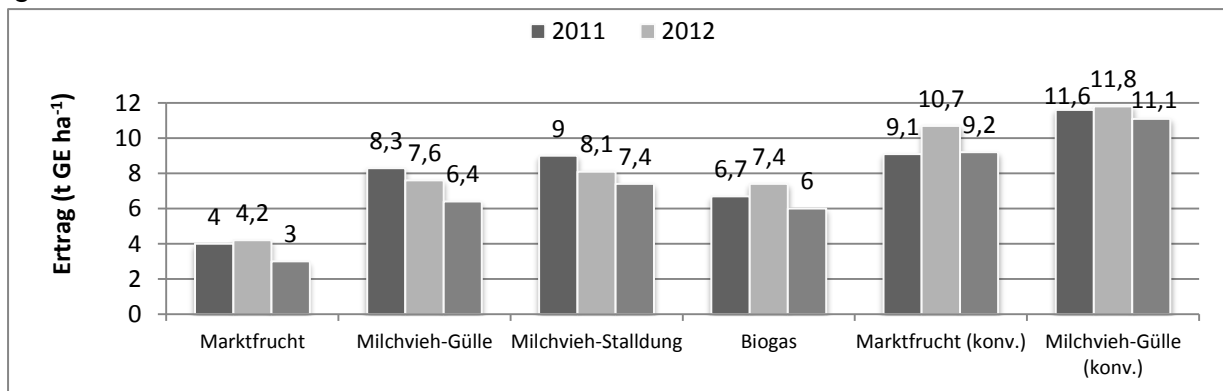
Tab. 3: Effekte des Anbausystems und der Vorfrüchte auf den Winterweizenertrag (in t FM ha⁻¹)

| System | Ökologischer Landbau | | | | Konventioneller Landbau | | | |
|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | Marktfrucht | Milchvieh-Gülle | Milchvieh-Stalldung | Biogas | Marktfrucht | | Milchvieh-Gülle | |
| Vorfrucht | LKG | LKG | LKG | LKG | KMais | WRaps | SMais | WRaps |
| 2011 | 4,3 ^a | 5,5 ^{b**} | 5,3 ^{ab} | 5,4 ^{ab*} | 8,5 ^c | 10,6 ^d | 9,7 ^d | 10,5 ^d |
| 2012 | 3,7 ^a | 4,5 ^{ab} | 3,7 ^a | 5,4 ^b | 9,3 ^c | 11,9 ^d | 10,2 ^c | 11,5 ^d |
| 2013 | 4,6 ^a | 5,6 ^{ab} | 5,3 ^{ab} | 6,6 ^{b**} | 9,3 ^{cd} | 10,9 ^d | 8,9 ^{c**} | 11,0 ^d |
| Mittel | 4,2^a | 5,2^{ab} | 4,8^a | 5,8^b | 9,0^c | 11,1^d | 9,6^c | 11,0^d |

Ergebnisse aus einfaktoriellen Varianzanalysen und paarweisen Anschlussstests (Tukey)

Signifikanzniveaus: $p \leq 0,01$; Ausnahmen sind markiert mit $**p = 0,05$ und $*p = 0,10$

In der Annahme, dass die Düngung mit Stallmist eher langsam und langfristig wirkt, kann dieses System noch nicht beurteilt werden. Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist die Fruchtfolgeleistung des Stallmistsystems dennoch bereits hoch, weil gegenüber den Erträgen der Milchvieh-Gülle-Variante systembedingt noch zusätzlich das Stroh geerntet wird.

**Abb. 4: Fruchtfolgeleistungen jeweiliger Anbausysteme (in t Getreideeinheiten ha⁻¹)**

Da die Fruchtfolge des Biogas-Systems mit der des Marktfruchtsystems identisch ist, resultiert hier der höhere Fruchtfolgen-Ertrag zum einen aus der Ernte von Luzerne-Kleegrass und zum anderen aus den Mehrerträgen aufgrund der Gärrestdüngung.

Im Zusammenhang mit der Akzeptanz bioenergetischer Biomassenutzung lassen diese Ergebnisse vermuten, dass es unter bestimmten Bedingungen zu Synergieeffekten zwischen der Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion kommen kann.

Eine Verallgemeinerung und Übertragung dieser Ergebnisse auf andere Standortbedingungen ist nur eingeschränkt möglich.

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.

Klapp, Christian (2011): Getreide- und Vieheinheitenschlüssel als Bewertungsmaßstäbe in der Landwirtschaft. Internationaler Vergleich und Konsequenzen alternativer Viehbewertungen. 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier (Internationale Reihe Agribusiness, 7).

Wirkung differenzierter Stoppelbearbeitung auf die Ertragsbildung – Ergebnisse aus sechs Versuchsjahren in Südwestdeutschland

Carola Pekrun¹, Sabine Hubert¹, Hermann Knechtges²

¹Institut für Angewandte Agrarforschung; ²Institut für Technik/ beide: Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 72622 Nürtingen. E-Mail: carola.pekrun@hfwu.de

Einleitung

Eine zeitig nach der Ernte durchgeführte Stoppelbearbeitung gilt als Standardmaßnahme guter Betriebsführung. In Lehrbüchern werden jeweils mehrere Ziele der Stoppelbearbeitung genannt: Anregung der Keimung von Ausfallsamen, sowohl der der vorigen Kultur, als auch der von Unkräutern; Unterbindung des Weiterwuchses von perennierenden Unkräutern; Unterbrechung des kapillaren Wasseraufstiegs und damit Einsparung von Wasser; Förderung der Umsetzung von Ernterückständen und organischen Düngern und damit Verminderung von Krankheiten, deren Erreger auf Ernterückständen überdauern. All diese Effekte zusammen sollen das Wachstum der Folgekultur fördern.

Während Erfahrungswerte zur Stoppelbearbeitung offensichtlich seit langem vorliegen, fehlt es an wissenschaftlich durchgeführten Feldversuchen. Einzigst die Wirkung auf perennierende Unkräuter ist gut dokumentiert (KOCH & RADEMACHER, 1966 sowie einige jüngere Publikationen). Mit der Anlage eines Dauerversuchs sollte ein Beitrag zum Verständnis der Wirkung sowie zur Bedeutung dieser Bodenbearbeitungsmaßnahme geleistet werden.

Material und Methoden

Der Stoppelbearbeitungsversuch Tachenhausen wurde 2007 auf einem Betriebsschlag des Lehr- und Versuchsbetriebs Hofgut Tachenhausen (20 km südlich von Stuttgart, 360 m ü NN, 10 °C Jahresdurchschnittstemperatur, 840 mm Jahresniederschlag, Parabraunerde aus Löss) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) angelegt. Innerhalb des Schlages werden alle pflanzenbaulichen Maßnahmen einheitlich durchgeführt, die Grundbodenbearbeitung überwiegend pfluglos (2007-12 zweimal Pflug, viermal pfluglos). Der Versuch ist als Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt:

- 1.) Grubber 2 x
- 2.) Scheibenegge 2 x
- 3.) Grubber 1 x
- 4.) Scheibenegge 1 x
- 5.) Grubber spät
- 6.) Kontrolle: keine Stoppelbearbeitung

In Variante 1 und 2 wird die Stoppelbearbeitung jeweils sehr flach sofort nach der Ernte durchgeführt, ein zweites Mal etwas tiefer, wenn die Stoppel wieder ergrünt ist. In Variante 3 und 4 erfolgt die Stoppelbearbeitung zeitgleich mit dem zweiten Stoppelbearbeitungsgang in Variante 1 und 2. In Variante 5 bleibt die Stoppel bis kurz vor der Grundbodenbearbeitung unbearbeitet liegen. Sie wird erst im Herbst kurz vor der Grundbodenbearbeitung gegrubbert. In Variante 6 erfolgt keinerlei Bearbeitung der Stoppel bis zur Grundbodenbearbeitung im Herbst/Winter. Auf der Stoppel wurden bisher keine Herbizide eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Zusammenschau der bisherigen sechs Jahre zeigt sich, dass die Ertragsbildung der Kulturen durch die Stoppelbearbeitung mehrheitlich positiv beeinflusst wurde (PEKRUN & HUBERT, 2012; URBAN, 2013). Der Hafer 2013 zeigte deutliche Ertragsrückgänge bei Rücknahme der Intensität der Stoppelbearbeitung (Tab. 1). Zwischen den Geräten der Stoppelbearbeitung bestand wie in den Vorjahren kein Unterschied.

Es stellt sich die Frage, welche Faktoren die Ertragsminderungen bewirkt haben könnten. Eine Zunahme von Ungräsern, insbesondere von Jähriger Risppe (*Poa annua*) sowie von perennierenden Unkräutern wie Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) und Quecke (*Elymus repens*) wurde in der Kultur sichtbar (Tab. 1). Dikotyle Unkräuter wurden durch unterlassene Stoppelbearbeitung nicht gefördert. Wie in den Vorjahren war in der Variante Kontrolle ebenfalls kein erhöhter Befall mit Fußkrankheitserregern festzustellen, eher im Gegenteil. Inwiefern die Nährstoffdynamik oder der Wasserhaushalt eine Rolle gespielt haben, konnte bisher nicht ermittelt werden.

Die Ergebnisse zeigen damit, dass in Verfahren ohne Stoppelbearbeitung Maßnahmen gegen den Weiterwuchs von perennierenden Unkräutern auf der Stoppel zu ergreifen sind, z.B. durch Etablierung gut deckender Zwischenfrüchte oder die Anwendung nicht selektiver Herbizide auf die Stoppel. Die Anregung der Keimung von Unkrautsamen infolge von Stoppelbearbeitung scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein. In den Parzellen mit Stoppelbearbeitung wurden keine höheren Auflaufraten auf der Stoppel festgestellt als in den Parzellen ohne Stoppelbearbeitung (nicht dargestellt).

Tab. 1: Unkräuter am 06.05.2013 in Hafer und Kornertrag von Hafer am 01.08.2013 (Ertrag bei 86 % Trockensubstanz). *Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede bei $p < 5\%$ (Tukey-Test) hin. Aufgrund fehlender Voraussetzungen konnten mit den Unkrautdaten keine parametrischen Tests durchgeführt werden.

| Variante | Annuelle Unkräuter (Pflanzen m ⁻²) | | Perennierende Unkräuter (Triebe m ⁻²) | Kornertrag (t ha ⁻¹)* |
|------------------|---|----------|---|--------------------------------------|
| | monokotyle | dikotyle | | |
| Grubber 2 x | 4,5 | 16,3 | 2,8 | 7,50 a |
| Scheibenegge 2 x | 7,8 | 7,3 | 1,3 | 7,63 a |
| Grubber 1 x | 8,5 | 10,0 | 2,0 | 7,40 ab |
| Scheibenegge 1 x | 5,5 | 14,0 | 2,1 | 7,40 ab |
| Grubber spät | 13,8 | 8,3 | 4,0 | 7,45 ab |
| Kontrolle | 33,3 | 8,8 | 5,6 | 7,10 b |

Literatur

- KOCH, R. & RADEMACHER, B. (1966) Einfluß verschiedenartiger Stoppelbearbeitung auf die Verunkrautung. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* **123**, 395-409.
- PEKRUN, C. & HUBERT, S. (2012) Stoppelbearbeitung und Ertragsbildung – kausale Zusammenhänge? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **24**, 283-284.
- URBAN, D. (2013) Wirkung verschiedener Intensitäten der Stoppelbearbeitung auf die Ertragsbildung von Winterweizen. *Bachelorthesis Hochschule Nürtingen-Geislingen*.

Durchwurzelungsintensität von Reihenkulturen

L. Chmelíková¹, H. Schmid¹, B. Fischer², T. Ebertseder², K.-J. Hülsbergen¹

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising, E-Mail: Lucie.chmelikova@mytum.de

²Pflanzenbau, Sonderkulturen, Erzeugung und Verarbeitung pflanzlicher Produkte, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

Einleitung

Die Durchwurzelung im Bodenprofil ist entscheidend für die Humusanreicherung in unterschiedlichen Bodenschichten. Weiter ist die Durchwurzelungsintensität von der Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzen abhängig (Neukirchen et al. 1999) und gibt einen Aufschluss über das Ertragsbildungspotenzial der Pflanze (Lamb et al. 2000).

Eine besondere Bedeutung besitzt die Durchwurzelungsintensität in den Reihenkulturen Kartoffel, Zuckerrübe und Mais. Durch den großen Abstand der Pflanzen (45 - 75 cm) zwischen den Reihen sind die vegetationsfreie Fläche und somit auch die Angriffsfläche für Bodenerosion durch Wind oder Wasser größer als in anderen Ackerkulturen.

Da durch hohe Durchwurzelungsintensität die Erosionsgefahr vermindert sowie Ertrag und Humusaufbau gefördert werden kann, wurde die Durchwurzelungsintensität der drei genannten Reihenkulturen auf verschiedenen Standorten untersucht.

Material und Methoden

Um die Wurzeln im Begegnungsraum Wurzel-Boden intensiv zu untersuchen und die Durchwurzelungsintensität (cm Wurzel / cm³ Boden) zu bestimmen wurde die Profilwandmethode nach Böhm (1979) angewandt. Die Untersuchungen wurden in der Nähe von Ingolstadt (Pförring und Scheyern) und Braunschweig (Nienwohde und Neukirchen) durchgeführt. Kartoffeln wurden zu zwei Terminen (Juli und August) jeweils auf zwei Dämmen in sandigem Lehm bis 50 cm Tiefe untersucht (insg. acht Profilwände). Zuckerrübe wurde zu fünf Terminen (Anfang und Ende Juli, August, Anfang und Ende September) auf sandigen, lehmigen und tonigen Standorten bis 170 cm Tiefe untersucht (insg. 27 Profilwände). Mais wurde zur Ernte auf lösshaltigem Boden bis 170 cm Tiefe untersucht (insg. drei Profilwände). Die Wurzelbiomasse wurde auf das Bodenvolumen umgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Wurzellängendichte von allen untersuchten Arten nimmt mit der Bodentiefe deutlich ab. Beim Mais befanden sich 72 - 88 % der Wurzeln in der Krume, bei der Zuckerrübe (standortspezifisch) 65 - 80 %. Bei der Kartoffel waren 55 - 64 % der Wurzeln im Damm. Unterhalb von 1 m Tiefe wurden beim Mais 2 % der Wurzeln, bei der Zuckerrübe 0 - 4 % gefunden. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Zu den untersuchten Terminen hatte die Reihenweite keinen Einfluss auf die räumliche Wurzelverteilung (Abb. 2).

Die Ergebnisse sind im Einklang mit der Untersuchung von Jackson et al. (1996), wonach 60 % der Wurzelbiomasse weltweit in den obersten 30 cm gelagert wird.

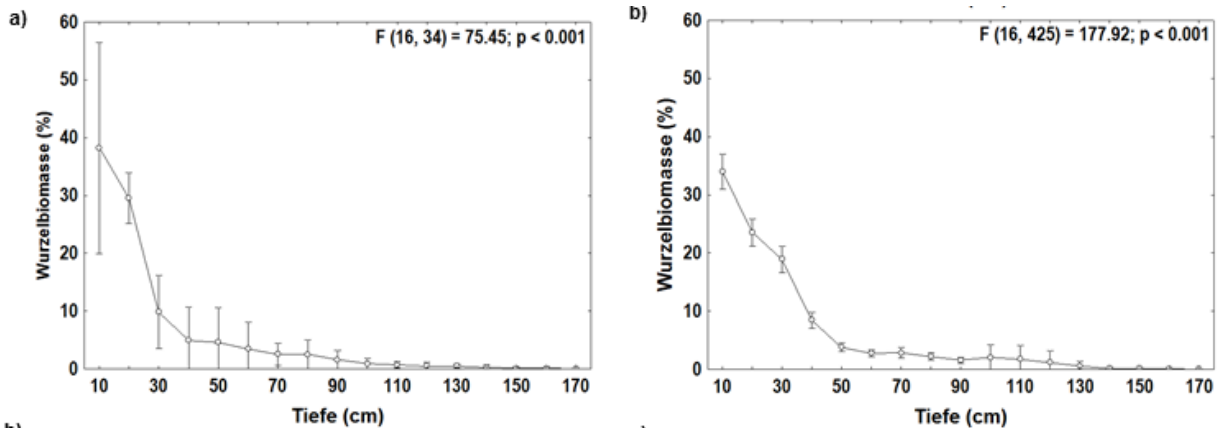


Abb. 1: Durchwurzelungsintensität von (a) Mais (n = 3) bis 170 cm; (b) Zuckerrübe (n = 27) bis 170 cm.

Lodge et Murphy (2006) fanden 20 % Wurzelbiomasse in den obersten 5 cm auf Weideflächen. Bei Leguminosen wurden 94 % der Wurzelbiomasse in den obersten 40 cm gemessen (Xu et al. 2007). Die drei verschiedenen Kulturpflanzen zeigen deutliche Unterschiede im prozentuellen Anteil der Biomasse in unterschiedlichen Tiefen. Die Wurzelverteilung ist somit artenspezifisch.

Bei Kartoffeln wurde ein Einfluss des Damms auf die Wurzelverteilung festgestellt. Die Untersuchungen liefern interessante Ergebnisse zur Wurzelverteilung in Reihenkulturen, die z. B. für die Humusbilanzierung oder die Optimierung von Erosionsschutzmaßnahmen Verwendung finden können.

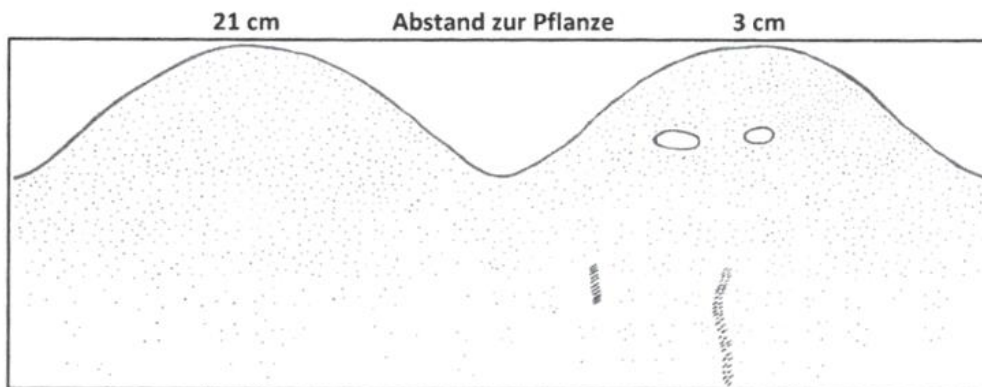


Abb. 2: Die Wurzelverteilung von Kartoffeln bis 50 cm Tiefe.

Literatur

- Jackson R.B., Canadell J., Ehleringer J. R., Mooney H.A., Sala O.E., Schulze E. D. (1996): A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389 - 411.
- Böhm W. (1979): *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 188.
- Lamb J.F.S., Johnson L.D., Barnes D.K., Marquez-Ortiz J.J. (2000): A method to characterize root morphology traits in alfalfa. *Can. J. Plant. Sci.* 80: 97 - 104.
- Lodge G.M., Murphy S.R. (2006): Root depth of native and sown perennial grass-based pastures, North-West Slopes, New South Wales. 1. Estimates from cores and effects of grazing treatments. *Aust. J. Exp. Agr.* 46: 337 - 345.
- Neukirchen D., Himken M., Lammel J., Czipionka-Krause U., Olf H.W. (1999) Spatial and temporal distribution of the root system and root nutrient content of an established *Miscanthus* crop. *Eur. J. Agron.* 11: 301 - 309.
- Xu B., Shan L., Li F., Jiang J. (2007) Seasonal and spatial root biomass and water use efficiency of four forage legumes in semiarid northwest China. *African J. Plant Sci. Biotech.* 6: 2708 - 2714.

Aqueous above-ground biomass extracts of cover crops affect germination and seedlings of maize

Světlana Chovancová^{1, 2}, Reinhard Neugschwandtner¹, Elnaz Ebrahimi¹,
Hans-Peter Kaul¹

¹Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Konrad Lorenz-Str. 24, 3430 Tulln, Austria, Chovancova.Svetlana@seznam.cz

²Mendel University in Brno, Faculty of Agronomy, Department of Agrosystems and Bioclimatology, Zemědělská 1, 61300 Brno, Czech Republic

Introduction

Residues of cover crops are incorporated at shallow depths or left on the soil surface in reduced tillage systems (Morris et al., 2009). Decomposing residues have been reported to inhibit growth of weeds and subsequent crops (Alsaadawi, 2001) due to allelopathy which is defined as a direct or indirect harmful or beneficial effect of one plant on another through chemical compounds which are released to the environment (Rice, 1984). The emergence of a high proportion of the sown seed is essential for an optimum crop stand establishment of the non-tillering and wide-spaced crop maize to avoid gaps in the crop stand and thereby yield reduction (TeKrony et al., 1989). The aim of this study was to assess the effects of water extracts of above-ground residue biomass of different cover crops on germination and early shoot and root growth of maize.

Material and methods

Above-ground residues of autumn-sown cover crops faba bean (FB), white mustard (WM), phacelia (PH), spring oat (SO) and sunflower (SF) were collected after winter on March 24th, 2011 at the Experimental Farm of BOKU University. After drying, grinding and sieving, the residues were extracted with distilled water in a shaker at 30 rpm for 24 h at room temperature at a residue:extractant ratio (w/v) of 1:100 (1%), 1:20 (5%) and 1:10 (10%). A germination experiment was conducted according to the pleated paper method (ISTA, 2008) for measuring germination progress at 24 h intervals for 7 days. In a second experimental set-up using the top of paper method (ISTA, 2008), the shoot and root length after 7 days was assessed.

Results and discussion

Total germination (G_t) was impaired with increasing extract concentrations of all cover crops. Highest effects showed FB, lowest PH. Mean germination time was highest affected by increasing concentrations of FB and SF; mean germination time (MGT) was also delayed by WM, PH and SO compared to the control (not significant).

Shoot length of maize seeds was significantly decreased by addition of cover crop extracts compared to the control (except for the FB where the slight decrease was not significant). All three concentrations equally impaired shoot length. Root length decreased most strongly with increasing extract concentrations of SO and SF. FB extracts had no effect at a concentration of 1%, whereas 5% and 10% hampered root growth; extracts of WM and PH decreased root growth at 10% only. Results show that root growth was generally more strongly affected by extracts than shoot growth (except for 1% and 5% of WM). This might be due to more intense contact of roots

with the extracts and thus with inhibitory chemicals (Jafarihyazdi and Javidfar, 2011).

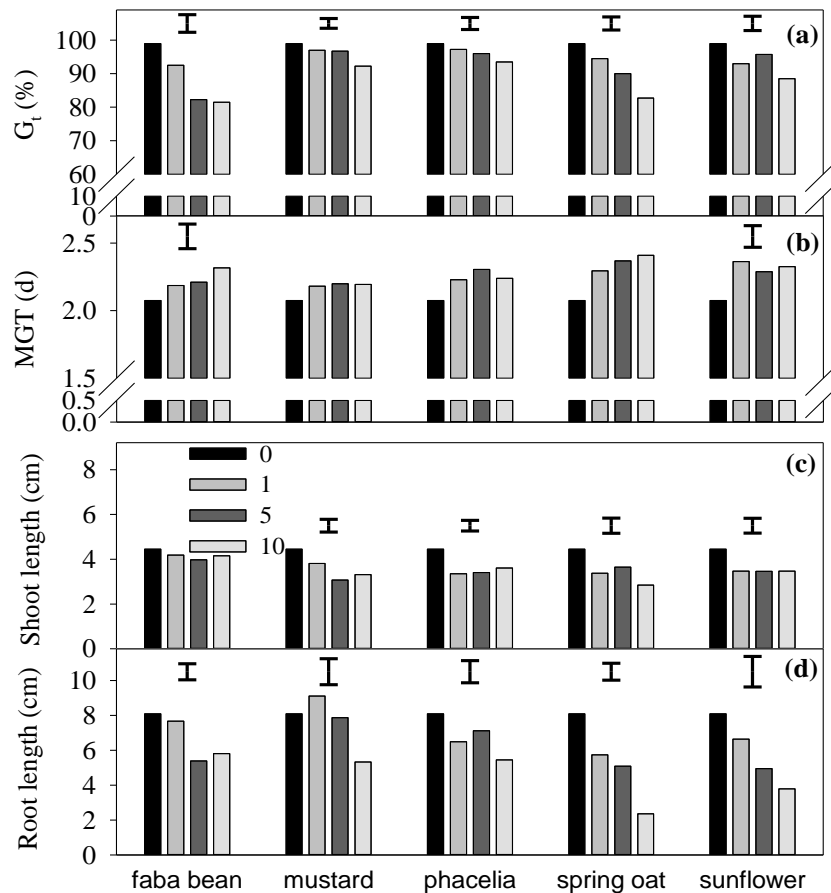


Fig. 1: Total germination (G_t), mean germination time (MGT) and seedling characteristics after 7 d as affected by different concentrations of above-ground biomass extracts of several cover crops. Error bars are LSD at $p < 0.05$.

Conclusion

Germination indices and seedling growth of maize were impaired with increasing concentrations of cover crop extracts. Thus, negative effects of shallowly incorporated cover crop residues on germination and early growth have to be considered in establishing maize stands.

Literature

- Alsaadawi, I.S., 2001. Allelopathic influence of decomposing wheat residues in agroecosystems. *Journal of Crop Production* 4, 185–196.
- Jafarihyazdi, E., Javidfar, F., 2011. Comparison of allelopathic effects of some brassica species in two growth stages on germination and growth of sunflower. *Plant, Soil and Environment* 57, 52–56.
- Morris, N.L., Miller, P.C.H. Orson, J.H., Froud-Williams, R.J., 2009. The effect of wheat straw residue on the emergence and early growth of sugar beet (*Beta vulgaris*) and oilseed rape (*Brassica napus*). *European Journal of Agronomy* 30, 151–162.
- Rice, E.L., 1984. *Allelopathy*. 2nd Ed. Academic Press, Orlando, Florida, USA.
- TeKrony, D.M., Egli, D.B., Wickham, D.A., 1989. Corn seed vigour effect on no-tillage field performance. I. Field emergence. *Crop Science* 29: 1523–1528.

The “Eternal Rye” Experiment in Groß-Enzersdorf – Soil chemical characteristics after 105 years

Reinhard Neugschwandtner¹, Stanislava Vondráčková², Jiřina Száková²,
Pavel Tlustoš², Jindřich Černý², Hans-Peter Kaul¹, Helmut Wagentristl³

¹Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln,
E-Mail: reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at

²Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 21 Prague – Suchbát, Czech Republic

³Experimental Farm Groß-Enzersdorf, Department of Crop Sciences, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Schloßhoferstraße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

Introduction

Long-term agricultural field experiments allow for the examination of crop and soil management systems and their complex interactions on plants, soils, pests & diseases, nutrient dynamics and microbial biodiversity with regard to sustainable crop production (Frye and Thomas, 1991; Merbach and Deubel, 2008).

The aim of this study was to assess the influence of different fertilizer systems on soil chemical parameters and nutrient stratification in three soil layers 105 years after establishing a field trial on a chernozem in eastern Austria.

Materials and methods

The “eternal rye” experiment is located on the Experimental Farm of BOKU University in Groß-Enzersdorf (48°11'N, 16°33'E; 153 m above sea level), in the east of Vienna (Austria) and on the western edge of the Marchfeld plain, an area of intensive arable agricultural production. The silty loam soil is classified as chernozem of alluvial origin and is rich in calcareous sediments. The mean annual temperature is 10.6°C and the mean annual precipitation is 538 mm (1980–2009).

The experiment was established in 1906. Two factors are tested: (1) Cropping system (continuous rye cropping versus a three-field crop rotation of winter rye – spring barley – bare fallow); (2) Fertilization: 1. No fertilization (unfert), 2. Mineral fertilizer (NPK) (117 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, 150 kg K₂O ha⁻¹) and 3. Farm-yard manure (FYM).

Soil sampling was performed with soil probes (Purckhauer type, core diameter: 30 mm) in March 2011. Soil organic carbon (SOC) was determined spectrophotometrically after the oxidation of organic matter by K₂Cr₂O₇ (Sims and Haby, 1971). The plant-available nutrient concentrations were determined by Olsen (for P) (Olsen et al., 1954) and Mehlich 3 extraction procedure (for K) (Mehlich, 1984). Results are shown for fertilization treatments of crop rotation plots.

Results and discussion

Largest differences of analyzed parameters between fertilization treatments occurred in the uppermost layer. Soil pH_{CaCl2} decreased in the upper soil layer as follows: unfert > NPK > FYM. In the following two soil layers, no differences were observed (Fig. 1a). SOC increased as follows in the upper soil layer: unfert < NPK < FYM. SOC was in unfert higher than with NPK in a depth of 30-60 and with FYM in a depth of 60-90 (Fig. 1b). Both, plant-available P and K were ranked in the upper soil layer

as follows: unfert < NPK < FYM. In a depth of 30-60 cm, P and K were higher in FYM than in unfert and NPK and in a depth of 60-90 higher in FYM than in NPK with unfert showing intermediate values (Figs. 1c, d).

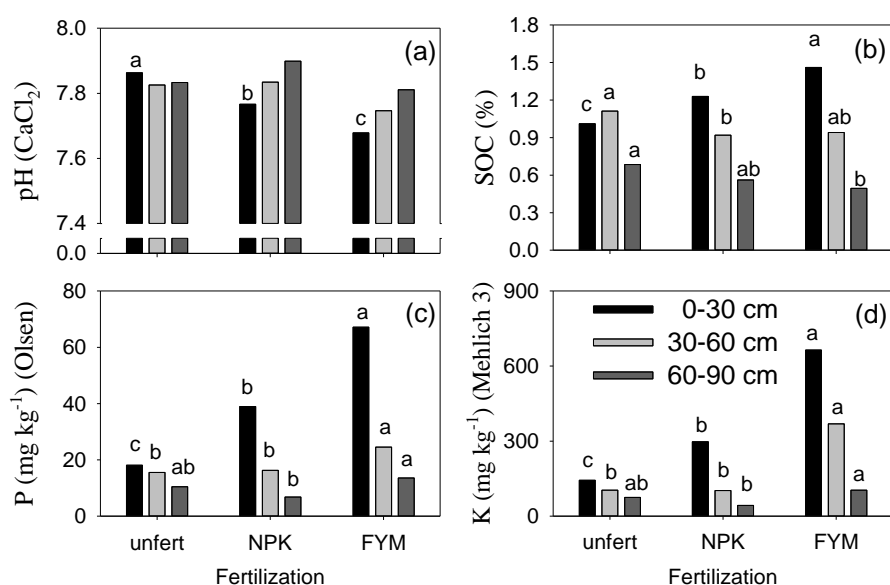


Fig. 1: pH_{CaCl₂}, SOC (%), Olsen extractable P and Mehlich 3 extractable K in three different soil layers

Conclusion

A clear differentiation of fertilizer treatments is visible after 105 years for pH, TOC (%), Olsen extractable P and Mehlich 3 extractable K in the upper soil layer (0-30 cm) whereas fertilizer effects in the following two 30 cm soil layers are less distinct.

References

- Frye, W.W., Thomas, G.W., 1991. Management of Long-Term Field Experiments. *Agronomy Journal* 83, 38–44.
- Mehlich, A., 1984. Mehlich 3 Soil Test Extractant: A modification of Mehlich 2 Extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1409–1416.
- Merbach, W., Deubel, A., 2008. Long-term field experiments – museum relics or scientific challenge? *Plant Soil Environment* 54, 219–226.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with Sodium bicarbonate. USDA Circular 939, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Sims, J.R., Haby, V.A., 1971. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Science* 112, 137–141.
- Steineck, O., Ruckebauer, P., 1976. Results of a 70 years long-term rotation and fertilization experiment in the main cereal growing area of Austria. *Annales Agronomiques* 27, 803–818.

Acknowledgements

We thank the Austrian Agency for International Mobility and Cooperation in Education, Science and Research (OeAD) and the Centre for International Cooperation in Education (DZS) of the Czech Republic for funding support within the AKTION Czech Republic-Austria programme.

Soil chemical characteristic after 15 years of different tillage and rotation

Vera Pachtrog¹, Reinhard Neugschwandtner¹, Jiřina Száková², Pavel Tlustoš², Martin Kulhánek², Jindřich Černý², Hans-Peter Kaul¹, Peter Liebhard¹, Helmut Wagentristl³

¹Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln,
E-Mail: reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at

²Department of Agro-Environmental Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 21 Prague – Suchdol, Czech Republic

³Experimental Farm Groß-Enzersdorf, Department of Crop Sciences, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Schloßhoferstraße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

Introduction

Long-term field experiments are important for explaining tillage and rotation effects on soil fertility and to develop sustainable nutrient management strategies. Soil tillage is influencing soil chemical characteristics, carbon sequestration and nutrient distribution (West and Post, 2002; Houx et al., 2011; Neugschwandtner et al., 2014). The aim of this study was to assess the influence of soil tillage systems and two crop rotations on soil chemical parameters and the nutrient stratification in the soil layers fifteen years after establishing a field trial on a chernozem in eastern Austria.

Materials and methods

The long-term experiment is located in Raasdorf (Marchfeld plain, eastern Austria). The silty loam soil is classified as chernozem of alluvial origin and is rich in calcareous sediments. The mean annual temperature is 10.6°C and the mean annual precipitation is 538 mm (1980–2009).

The split-plot design involves two factors: tillage system is assigned to main plots (24 × 40 m) and crop rotation to subplots (12 × 40 m). The experiment was established in August 1996 with four replications.

Two out of five tillage treatments were assessed for this study: (1) Mouldboard ploughing (MP) after harvest to a soil depth of 25–30 cm. The loosened soil is turned over and thereby residues are fully incorporated into the soil; (2) No-till (NT): Direct drilling in un-tilled soil with a disc drill without previous removal of residues. In that tillage treatment, a non-selective herbicide is sprayed before sowing for weed control. Soil sampling was performed with soil probes (Purckhauer type, core diameter: 30 mm) in November 2011. Crops grown before sampling were winter wheat and sugar beet, respectively.

Soil organic carbon (SOC) was determined spectrophotometrically after the oxidation of organic matter by K₂Cr₂O₇ (Sims and Haby, 1971). The plant-available nutrient concentrations were determined by Mehlich 3 extraction procedure (Mehlich, 1984).

Results and discussion

Soil pH (in water) increased with soil depth with no differences between tillage systems after 15 years. There was a tillage × depth interaction for nitrogen, soil organic carbon (SOC) and Mehlich 3 extractable phosphorus (P) and potassium (K) with higher values in no-till than in mouldboard ploughing in the uppermost soil layer. The increase in no-till was in the uppermost layer 1.22-fold for N, 1.41-fold for SOC,

1.49-fold for P and 2.07-fold for K. In deeper soil layers, no differences between tillage treatments were observed. Mehlich 3 extractable magnesium (Mg) increased with soil depth but was not affected by tillage treatments. Stratification of less mobile elements (like P and K) in the uppermost soil layer in no-till may cause nutritional constraints to productivity when the surface soil becomes dry (Radford and Cowie, 2011).

A crop rotation effect was observed for K with higher concentrations in the treatment where sugar beet had been grown in 2011 (compared to winter wheat).

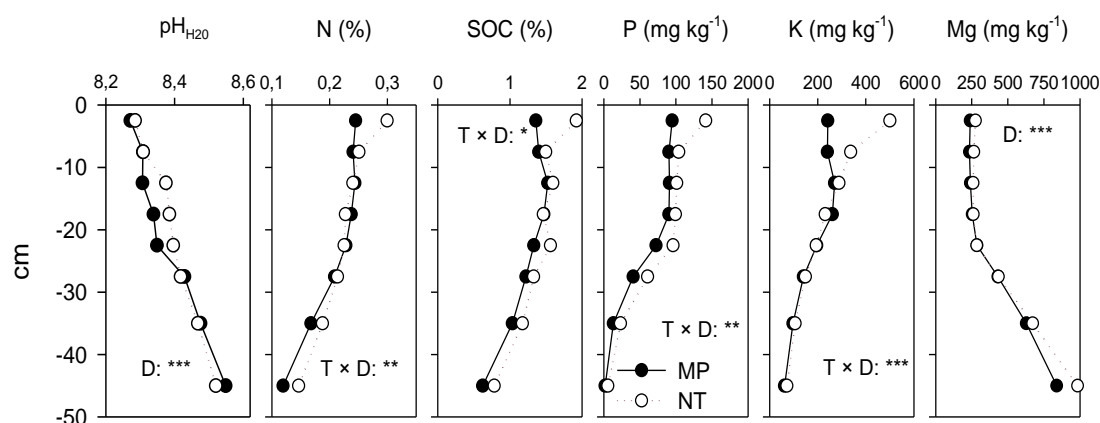


Fig. 1: pH_{H2O}, N (%), SOC (%), Mehlich 3 extractable P, K and Mg (mg kg⁻¹) in different soil layers as affected by tillage. MP = mouldboard ploughing, NT = no-till, T = tillage, D = depth.

Conclusion

A clear differentiation of tillage systems is visible after fifteen years for N (%), SOC (%), Mehlich 3 extractable P and K, but not for pH_{H2O} and Mehlich 3 extractable Mg.

References

- Houx, J.H., Wiebold, W.J., Fritschi, F.B., 2011. Long-term tillage and crop rotation determines the mineral nutrient distributions of some elements in a Vertic Epiaqualf. *Soil & Tillage Research* 112, 27–35.
- Mehlich, A., 1984. Mehlich 3 Soil Test Extractant: A modification of Mehlich 2 Extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1409–1416.
- Neugschwandtner, R.W., Liebhard, P., Kaul, H.-P., Wagentristsl, H., 2014. Soil chemical properties as affected by tillage and crop rotation in a long-term field experiment. *Plant, Soil and Environment* 60, 57–62.
- Radford, B.J., Cowie, B.A., 2011. Surface stratification of soil nutrients in no till limits nutrient availability and reduces grain yield. *New Developments in Biodiversity Conservation*, 63–80.
- Sims, J.R., Haby, V.A., 1971. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Science* 112, 137–141.
- West, T.O., Post, W.M., 2002. Soil organic carbon sequestration by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Science Society of America Journal* 66, 1930–1946.

Acknowledgements

We thank the Austrian Agency for International Mobility and Cooperation in Education, Science and Research (OeAD) and the Centre for International Cooperation in Education (DZS) of the Czech Republic for funding support within the AKTION Czech Republic-Austria programme.

Fruchtfolgeplanung als Instrument eines angepassten Nährstoffmanagements

Sommer, H.

Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit, Universität Kassel, Witzenhausen;
E-Mail: hendrik.sommer@uni-kassel.de

Einleitung

Bei der Gestaltung der nachhaltigen und gleichzeitig leistungsfähigen Fruchtfolge muss darauf Wert gelegt werden, die Produktionsmöglichkeiten des Standortes, d.h. insbesondere die Vegetationszeit und die Ertragsfähigkeit des Bodens, voll auszuschöpfen und die positiven Vorfrucht- und Fruchtfolgewirkungen für die Steigerung und Stabilisierung der Erträge zu nutzen (MÜLLER 1989). Die Bewirtschaftungsweise und Fruchtartenwahl beeinflussen die mikrobielle Aktivität und damit die Bodenfruchtbarkeit (KAHLE et al. 2005). Somit ist eine nachhaltige und leistungsstarke Gestaltung der Anbaustruktur auf den Ackerflächen von Beginn an Voraussetzung für eine Stabilisierung der Bodenfruchtbarkeit (PREIßNER 1989, NAWRATH 1998, NICHOLAS et al. 2004) und bildet damit die Grundlage für ein effizientes Nährstoffmanagement.

Material und Methoden

Die Strukturkennziffern Ackerflächenverhältnis (hier Anteil Hackfrüchte und Anteil Getreide) und Humusmehrer:Humuszehrer-Verhältnis aus der Untersuchung der Auswirkungen einer Intensivierung der Milchproduktion auf die Nachhaltigkeit eines ökologisch bewirtschafteten Betriebes (vgl. SOMMER 2010) wurden mit dem ebenda berechneten Humusbruttobedarf in Beziehung gesetzt. Zur Beseitigung von jahresbedingten Schwankungen wurde das dreijährige Mittel berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Anhand der Strukturkennziffern Ackerflächenverhältnis und Humusmehrer:Humuszehrer-Verhältnis kann eine grundsätzliche Aussage über den Humusbruttobedarf und die Humusmehrerleistung einer Fruchtfolge getroffen werden (vgl. Abb. 1). In vorliegendem Beispiel haben Hackfrucht- und Humuszehreranteil den größten Einfluss auf den Humusbruttobedarf. Werden die Hackfrüchte oder die Humuszehrer auf diesem Betrieb um 1 Prozentpunkt bezogen auf die Ackerfläche erhöht, so steigt der Humusbruttobedarf um 0,02 Humuseinheiten je ha Ackerfläche. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Regressionsgleichungen sowie die resultierenden Bestimmtheitsmaße.

Tabelle 1:

| | Humusbruttobedarf | | Humusmehrerleistung | |
|--------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | Regressionsgleichung | R ² | Regressionsgleichung | R ² |
| Hackfruchtanteil | $y = -0,0201x - 0,5637$ | 0,51 | $y = 0,002x + 0,4542$ | 0,01 |
| Getreideanteil | $y = -0,0037x - 0,6745$ | 0,01 | $y = -0,0268x + 1,7691$ | 0,77 |
| Humuszehreranteil | $y = -0,0211x + 0,4722$ | 0,75 | $y = -0,0168x + 1,5345$ | 0,50 |

Die Humusmehrerleistung wird in vorliegendem Beispiel vom Getreideanteil sowie dem Humuszehreranteil bestimmt. Werden das Getreide oder die Humuszehrer auf diesem Betrieb um 1 Prozentpunkt bezogen auf die Ackerfläche erhöht, so sinkt die Humusmehrerleistung des Systems hier um 0,02 Humuseinheiten je ha Ackerfläche.

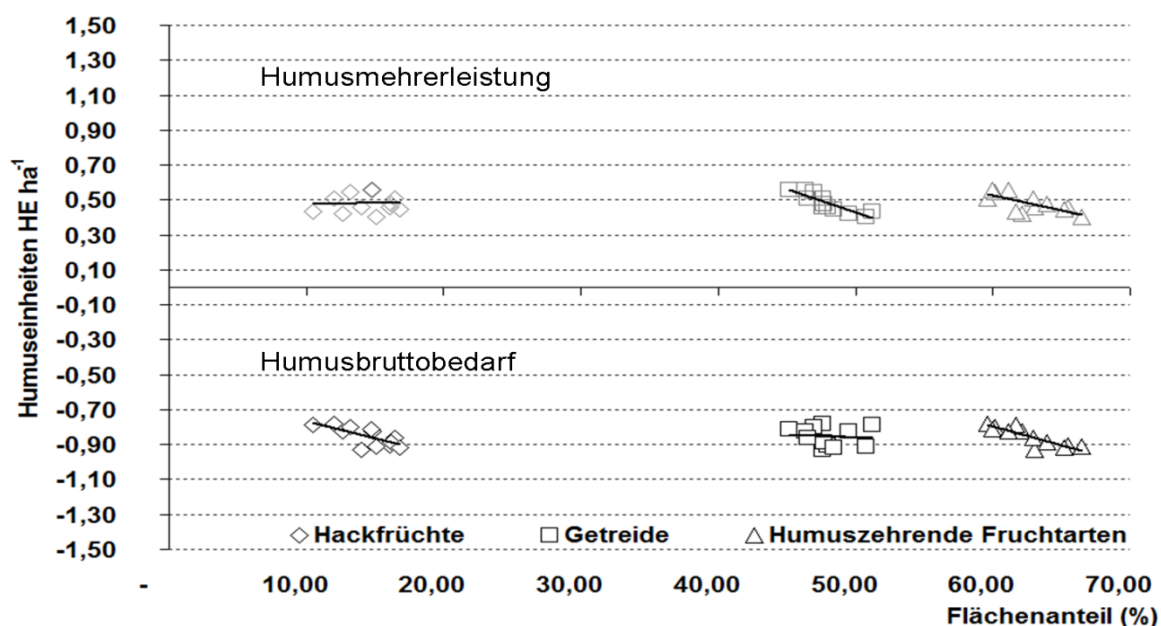


Abbildung 1: Humusmehrerleistung und Humusbruttobedarf in Abhängigkeit des Anteils an Hackfrüchten, Getreide und Humuszehrern an der Ackerfläche

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass bereits die Fruchtfolgeplanung wirksam dazu genutzt werden kann, die Auswirkungen der Bewirtschaftungsweise und Fruchtartenwahl auf die Bodenfruchtbarkeit abzuschätzen. Entscheidend bei dieser Bewertung ist die Menge an Humusersatzleistungen, die aus Zwischenfruchtanbau und organischer Düngung resultieren. Sie müssen die Differenz zwischen Humusbruttobedarf und Humusmehrerleistung kompensieren, um einen Humusversorgungsgrad von 100 Prozent zu erzielen und damit die Bodenfruchtbarkeit des Systems zumindest gleichbleibend zu halten. Damit wirken sie in ihrer Menge (Wirtschaftsdünger) und ihrem Anbauumfang (Zwischenfrüchte) begrenzend auf den Anteil an Hackfrüchten und Getreide in der Fruchtfolge.

Literatur

- KAHLE, P., C. BAUM und M. BORCHWARDT (2005): Auswirkungen mehrjähriger ökologischer Bewirtschaftung auf ausgewählte Boden-eigenschaften, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, "Ende der Nische", Kassel 2005.
- MÜLLER, M. (1989): Technologische Prozesse in der Pflanzenproduktion. Berlin. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- NAWRATH, M. (1998): Einfluss von organischer Düngung (Stroh- und Gründüngung, Stallmist) auf Humusgehalt, Humusqualität und Pflanzenertrag, Diss., Gießen.
- NICHOLAS, P. K., S. PADEL, S. P. CUTTLE, S. M. FOWLER, M. HOVI, N. H. LAMPKIN and R. F. WELLER (2004): Organic Dairy Production: A Review. Biological Agriculture and Horticulture, 2004, Vol. 22, pp. 217–249.
- PREIßNER, M. (1989): Der Beitrag der Fruchtfolge im ökologischen Landbau zur nachhaltigen Nutzbarkeit des Naturhaushaltes, Diplomarbeit, veröffentlicht unter: Barsingshäuser Berichte, Bericht 10, Barsingshausen.
- SOMMER, H. (2010): Untersuchungen zur Steigerung der Produktionsintensität im ökologischen Landbau am Beispiel des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen. Verlag Dr. Köster, Berlin.

Das Internationale DLG-Pflanzenbauzentrum (IPZ) in Bernburg-Strenzfeld – Ziele und Aufgaben

Alexander von Chappuis, Reinhard Roßberg

¹DLG. e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), Fachzentrum Land- & Ernährungswirtschaft, Fachgebiet Pflanzenproduktion, Frankfurt am Main. E-Mail: a.chappuis@dlg.org

Einleitung

2010 übernahm die DLG das Lehr- und Versuchsgut Strenzfeld vom Land Sachsen-Anhalt, um dort das IPZ einzurichten. Das IPZ soll helfen, Antworten auf drängende Fragen im Acker- und Pflanzenbau zu erarbeiten und dazu folgende Aufgaben erfüllen:

- Versuche zu praxisrelevanten Fragestellungen durchführen
- Standort für Freilandausstellungen sein
- Kommunikation mit der nicht-landwirtschaftlichen Öffentlichkeit fördern
- Plattform für Seminare und Fortbildungen sein
- Maschinentests und –vergleiche im Freiland durchführen

Das IPZ liegt am Südrand der Magdeburger Börde, es verfügt über ca. 500 ha Ackerfläche (meist Schwarzerden aus Löß mit Ackerzahlen um 85, 250 mm nFK, teilweise über Kalkstein) sowie einige Gebäude. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 9,7 °C bei 511 mm Jahresniederschlag (frühsommertrocken) im langjährigen Mittel.

Im Folgenden stellen wir zwei inzwischen begonnene Vorhaben aus dem Aufgabenfeld „Praxisrelevante Versuche“ vor:

Langzeitversuch „Integration Streifenbearbeitung“

Der Versuch (Anlage 2012) soll die Frage beantworten, ob sich die Streifenbearbeitung (strip till) in unsere mitteleuropäischen Anbausysteme auf Hochertragsstandorten integrieren lässt. Desweiteren interessiert uns der Vergleich der Bodenzustände inkl. Nährstoffgehalten und –verteilung in langjährig bearbeiteten und unbearbeiteten Streifen.

Dazu werden mehrere strip till-Varianten mit der Mulch- (1) und der Direktsaat (6) verglichen. Die Fruchtfolge ist Winterraps – Winterweizen – Silomais – Winterweizen. Die Strip till-Varianten unterscheiden sich in der Bodenbearbeitung zu Getreide (Mulch/Streifen) und in der Ausbringung der Grunddüngung (oberflächlich /unter Fuß). Die Varianten sind: (2) Reihenkulturen in Streifen – Getreide in Mulchsaat, (3) alle Kulturen in Streifensaar, (4) wie (2) und (5) wie (3), jeweils PK unter Fuß (vgl. Abb.).

Die Streifen werden mittels RTK-GPS immer am gleichen Ort gezogen, der Streifenabstand ist 50 cm. Getreide in Streifen wird als Doppelreihe (Abstand 12,5 cm) ausgedrillt. Der Versuch ist 4-fach wiederholt, die Früchte sind in Großparzellen zusammengefasst, innerhalb derer sind die Bodenbearbeitungsvarianten randomisiert angelegt. Die Größe einer Einzelparzelle beträgt 18 x 45 m. Die Bestandesführung erfolgt betriebsüblich.

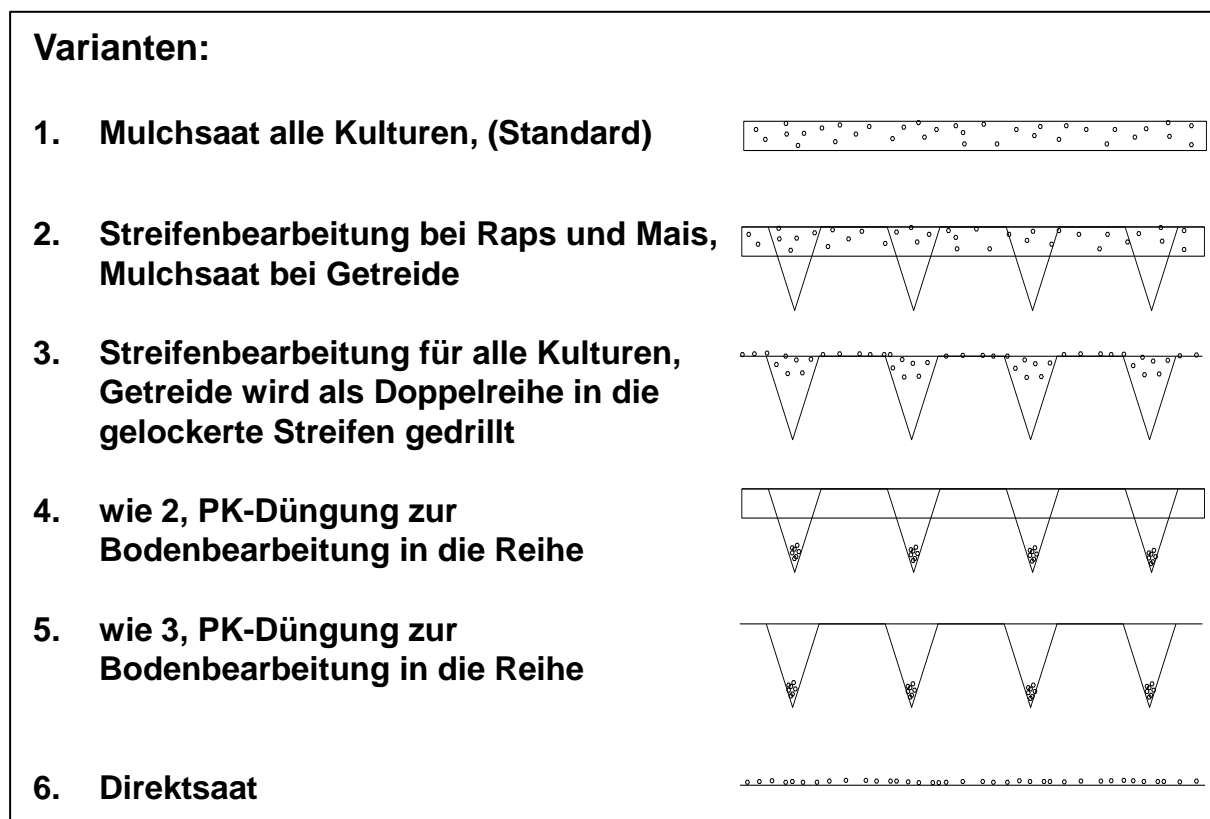


Abbildung: 6 Varianten (Bodenbearbeitung und Düngerausbringung)

Ein gleichzeitig angelegter Parallelversuch des LTZ Augustenberg auf dem Stifterhof enthält die Varianten (1), (2) und (6).

Langzeitversuch „Fruchtfolgen“

Mit dem Langzeitversuch Fruchtfolgen (Anlage 2013) werden 2 Ziele verfolgt. Primäre Versuchsfrage ist die Wettbewerbsfähigkeit verschiedener, standortangepasster Fruchtfolgen. Zum Zweiten soll der Versuch – nach Etablierung der einzelnen Fruchtfolgen – „sekundäre“ Versuchsfragen (z.B. Sortenvergleiche, Pflanzenschutzintensitäten) vor dem Hintergrund verschiedener Fruchtfolgen erlauben. Dazu sind die Parzellen genügend groß (18 x 67 m) angelegt, um sie zu teilen und die primäre und sekundäre Versuchsfrage gleichzeitig zu verfolgen. Dazu werden dann Kleinparzellen (10 m²) in einer Hälfte der Ursprungsparzelle angelegt.

Es werden fünf verschieden lange Fruchtfolgen miteinander verglichen:

- Körnermais – Winterweizen
- Silomais – Triticale – Zwischenfrucht – Zuckerrüben
- Winterraps – Winterweizen – Winterweizen
- Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen
- Zuckerrüben – Durum – Winterraps – Winterweizen – Körnererbsen – Winterweizen

Der Versuch ist 4-fach wiederholt, randomisiert und latinisiert (jede der 17 Fruchtfolge-Felder findet sich sowohl in den 4 Zeilen als auch in den 4 Quadranten).

Auswirkungen unterschiedlicher Lichtintensitäten auf Produktivität, botanische Zusammensetzung und Futterqualität eines Klee grasbestandes

M. Ehret, R. Graß, M. Wachendorf

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen, E-Mail: m.ehret@uni-kassel.de

Einleitung

Ein 2-jähriges (2012–2013) Schattierungsexperiment wurde in einem Klee grasbestand (*Trifolium repens* L., *Lolium perenne* L.) in Mitteldeutschland durchgeführt, um die Auswirkungen unterschiedlicher Lichtintensitäten auf Produktivität, botanische Zusammensetzung und Qualität zu quantifizieren. Das übergeordnete Ziel der Studie war es, die Eignung von Klee gras als mehrjährige Kultur in einem Agroforstsystem zu prüfen. Der Bestand wurde einem Beschattungsgradienten von 0 bis 80% ausgesetzt, was auch den unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Bäume in einem Agroforstsystem entsprechen könnte.

Material und Methoden

Die vorliegende Studie wurde auf einem Ackerstandort in Südniedersachsen (51° 24'2.466"N and 9° 59'20.179"E) von 2012–2013 durchgeführt. Die Ansaat des Grünlandes im Jahr 2011 bestand aus *Lolium perenne* L. und *Trifolium repens* L.. Mit Schattierungsnetzen bespannte Holzrahmen sowie eine Lattenkonstruktion wurden über dem Klee grasbestand aufgebaut, um den Schattenwurf von Bäumen zu simulieren. Die Schattierungsstufen umfassten 30%, 50%, 80% Netze, 50 % Latten und eine Kontrolle (0% Lichtausschluss). Es wurden die Parameter Bodenfeuchte in den Tiefen 10 und 35 cm, Bodentemperatur in 5 cm Tiefe und photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) kontinuierlich aufgenommen. Zu den drei Ernteterminen während der Vegetationsperiode wurden Erträge gemessen, die funktionellen Gruppen anteilig bestimmt und die Proben hinsichtlich wesentlicher wertbestimmender Parameter (N, ADF) nasschemisch beziehungsweise enzymatisch untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren führte der Schattenwurf zu Ertragsminderungen von 50% in der 80%igen Schattenvariante verglichen mit der Kontrolle (Abb. 1). Änderungen in der botanischen Zusammensetzung zeigten sich erst deutlich im zweiten Versuchsjahr (Tab. 2). Der Ertragsanteil von Weißklee war am höchsten im vollen Sonnenlicht und sank mit steigender Schattierung, z.B. um bis zu 70% in der 80% Schattenvariante im zweiten Versuchsjahr. Gleichzeitig stieg der Ertragsanteil der Kräuter mit steigender Schattierung. Auswirkungen auf die Qualität des Klee grasbestandes konnten nicht nachgewiesen werden.

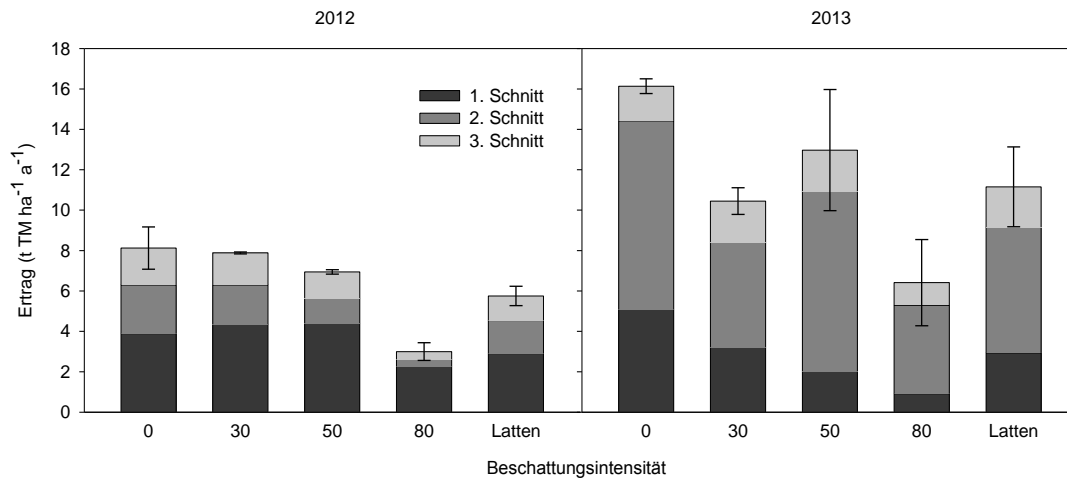


Abb. 1: Trockenmasseerträge (TM) von Weißklee gras entlang eines künstlichen Beschattungsgradienten während den Vegetationsperioden 2012 und 2013

Tab. 2 ANOVA Tabelle für die jährliche Biomasseproduktion und das gewichtete Mittel (TM) der funktionalen Gruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen) sowie den Qualitätsparametern Stickstoff (N) und ADF in den Jahren 2012 and 2013.

| Beschattungs- intensität | Erträge (t TM ha ⁻¹ a ⁻¹) | Gras (% of TM) | Weißklee (% of TM) | Kräuter (% of TM) | N (% of TM) | ADF (% of TM) |
|-----------------------------|---|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 2013 | | | | | | |
| 0 % | *** | *** | *** | ns | ns | ns |
| 30 % | *** | *** | * | ns | ns | ns |
| 50 % | *** | *** | * | ns | ns | ns |
| 80 % | *** | ** | ns | *** | ns | ns |
| 50% slats | *** | *** | * | ** | ns | ns |

‡ P<0.001 '***'; p<0.01 '**'; P<0.05 '*'; nicht signifikant 'ns'

Amarant – ein spurenelementreiches Biogassubstrat

Veronika Eberl und Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ),
Straubing. E-Mail: veronika.eberl@tfz.bayern.de

Einleitung

Nicht nur im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft mit hoher Biodiversität, sondern auch um die Effizienz in der Biogasproduktion weiter zu steigern, ist, ergänzend zu Mais, die Integration von alternativen Energiepflanzen in die Fruchtfolgen unabdingbar. Neben dem Anbau von schnellwüchsigen Energiepflanzen als Zweitfrucht zur Steigerung der Flächenproduktivität, liegt ein weiterer Ansatz in der Optimierung der Methanausbeute im Fermenter. Als interessante Kulturart zeigt sich dabei Amarant, dessen hoher Gehalt an Spurenelementen im Substrat die Prozessstabilität im Biogasfermenter unterstützt und so den Methanertrag positiv beeinflussen kann. Diese herausragende Eigenschaft sowie das Potenzial von Amarant als Energiepflanze im Allgemeinen standen im Fokus des einjährigen Sortenscreenings am Technologie- und Förderzentrum in Straubing.

Material und Methoden

Als Ausgangspunkt des Screenings stand zunächst eine umfangreiche Sammlung des verfügbaren Sortenmaterials an; im Ergebnis konnten 150 verschiedene Genotypen zusammengetragen werden. Bei einigen Akzessionen waren dabei nur Kleinstmengen an Saatgut verfügbar, die lediglich eine optische Sichtung des Materials erlaubten. Für den repräsentativ auswertbaren Teil des Versuchs musste man sich auf eine Gruppe von 67 Varianten beschränken. Die dabei erhobenen Daten bilden die Grundlage der nachstehend aufgeführten Versuchsergebnisse. Der Feldversuch befand sich auf einem Lössstandort bei Straubing (Bodenart uL, AZ 75, Niederschlagsmittel 720 mm, Temperaturmittel 8 °C) und wurde zu zwei Saatterminen (Saattermin 1: 13.06.2013, Saattermin 2: 03.07.2013) angelegt. Die Aussaat erfolgte per Drillsaat mit einer Reihenweite von 37,5 cm und einer Saatstärke von 150 kf. Kö/m². Jeweils zu BBCH 25 wurden die Bestände mittels KAS auf einen N-Sollwert von 150 kg N/ha aufgedüngt. Maßnahmen zum Pflanzenschutz wurden nicht durchgeführt. Die Beerntung beider Saattermine fand in Folge einsetzender Bodenfröste und aufgetretener Kälteschäden an den Pflanzen zeitgleich am 09.10.2013 statt.

Ergebnisse und Diskussion

Einmal etabliert, zeigt sich der Amarant als schnellwüchsige Kulturart mit gutem Kompensationsvermögen bei Trockenheit und geringen Ansprüchen an die Bestandsführung. Gleichzeitig kommen der hohe Wärmeanspruch sowie die ausgeprägte Kälteempfindlichkeit der Kurztagspflanze zum Ausdruck.

Mit den realisierten Trockenmasse- und Biogaserträgen bleibt Amarant noch deutlich hinter bereits etablierten Energiepflanzen wie Mais und Sorghum zurück. Dennoch zeugen die Ergebnisse von einem enormen Ausgangspotenzial der züchterisch bisher nur marginal bearbeiteten Kulturart und bestätigen grundsätzlich deren Eignung für einen Einsatz in der Biogaserzeugung.

Im Vergleich der Saattermine können die betrachteten Varianten zum ersten Termin mit einem mittleren TM-Ertrag von 94 dt/ha deutlich höhere Erträge erzielen als unter den Bedingungen der späteren Aussaat mit einem Mittel von 78 dt/ha. Werden die zu Grunde liegenden Trockensubstanzgehalte ergänzend zur Beurteilung herangezogen, so deutet sich ein Saattermin Anfang Juli als Grenzbereich für den Amarananbau als Biogassubstrat an. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen kann eine ausreichende Abreife der Bestände in diesem Fall nicht mehr gewährleistet werden, die Trockensubstanzgehalte bleiben weit unter der für eine verlustfreie Silierbarkeit angestrebten Grenze von 28 %.

Eine erste Einschätzung des Biogasertragspotenzials erlaubt die stichprobenartige Untersuchung von 24 Genotypen mittels Hohenheimer Biogasertragstest. Im Durchschnitt der betrachteten Amarant-Genotypen wird eine Methanausbeute von 270 l CH₄/kg oTS erzielt, wobei die Spannweite der realisierten Ergebnisse von 240 bis 310 l CH₄/kg oTS reicht und das Potenzial der einzelnen Genotypen damit relativ stark streut. Mit dem daraus resultierenden, durchschnittlichen Methanhektarertrag von 2090 Nm³ CH₄/ha bleibt Amarant folglich auch im Methanertragspotenzial hinter den klassischen Energiepflanzen zurück. Es bleibt zu wünschen, dass Amarant auch von den Züchterhäusern als zukunftssträchtige Kulturart erkannt wird, um die ursprünglich im Kurztag beheimatete Pflanze an die in Mitteleuropa herrschenden Langtagsbedingungen anpassen und deren Potenzial auf diese Weise vollständig ausschöpfen zu können.

Mit seinen außergewöhnlich hohen Spurenelementgehalten im Substrat hebt sich Amarant schon heute aus der Riege der Energiepflanzen hervor. Eine besondere Bedeutung ist dabei den Gehalten an Cobalt und Nickel zuzumessen (Feher et al. 2013; Pobeheim et al. 2011). Diese Elemente liegen in den Pflanzen in sehr geringen Mengen vor und übernehmen in ihrer Rolle als limitierende Faktoren für das mikrobielle Wachstum im Biogasfermenter eine besondere Funktion für eine maximale Methanausbeute. Im Vergleich zu Mais liegen die Cobaltgehalte bei Amarant im Bereich der 11-fachen Konzentration, für Nickel werden in der Spurenelementanalyse bis zu viermal so hohe Werte nachgewiesen. Trotz des etwas geringeren Masseertrags bietet Amarant somit die realistische Chance, industriell hergestellte Spurenelementadditive für Biogasanlagen zu ersetzen. Erste Berechnungen zeigen, dass dafür ein Ersatz von etwa 20 % Maissilage durch Amarantsilage ausreichen kann. Diese Option weist den Weg dahingehend, die ausreichende Versorgung von Biogasanlagen mit Spurenelementen künftig allein durch eine gezielte Zusammenstellung des Substrats aus verschiedenen, spurenelementreichen Energiepflanzen wie Amarant zu gewährleisten um so auf eine Zugabe von Spurenelementadditiven verzichten zu können. Vorteilhaft an dem Konzept sind in jeder Hinsicht der Wegfall der Kosten für die Additive sowie die Einsparung der nötigen Arbeitsschritte, welche auch das riskante Hantieren mit hochkonzentrierten Schwermetallen umfassen. Demgegenüber steigt der Flächenbedarf bei einem Anbau des Amarants als Zweitfrucht nur minimal, die Fruchtfolge kann aufgelockert werden.

Literatur

- Feher, A.; Fritz, T.; Loewen, A.; Nelles, M. (2013): Bedarfsgerechter Einsatz von Spurenelement-Biogasadditiven unter Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit. Beitrag zum Biogas Innovationskongress am 23. - 24. Mai 2013 in Osnabrück
- Pobeheim, H.; Munk, B.; Lindorfer, H.; Guebitz, G. (2011): Impact of nickel and cobalt on biogas production and process stability during semicontinuous anaerobic fermentation of a model substrate for maize silage. *Water research*, Jg. 45, S. 781–787

Biogasausbeuten mit spurenelementakkumulierenden Pflanzenarten stabilisieren – Einfluss von Buchweizen und Quinoa auf die Versorgung des Fermenters mit Cobalt und Nickel

F. Stockmann¹, V. Eberl¹, W. Fahlbusch², B. Sauer², M. Fritz¹

¹Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing, ²Universität Göttingen, Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE), Göttingen, E-Mail: falko.stockmann@tfz.bayern.de

Einleitung

Für die optimale Funktion des Fermentationsprozesses in Biogasanlagen, verbunden mit stabilen Biogasausbeuten, sind die Bakterien auf eine gute Versorgung mit Spurenelementen, v. a. Cobalt und Nickel, angewiesen (Pobeheim et al., 2011). Mais allein liefert hiervon nur geringe Mengen, weshalb bei maisbasierten Biogasanlagen Spurenelemente als Zusatzstoffe ergänzt werden müssen. Diese Zusatzstoffe sind jedoch teuer und teilweise schwierig zu dosieren. Alternativ könnte die Zumischung spurenelementakkumulierender Energiepflanzen im Substratmix eine ausreichende Spurenelementversorgung von Biogasanlagen auf natürlichem Weg gewährleisten. Für Amarant ist belegt, dass er gegenüber Mais eine bis zu 13-fach höhere Aufnahmekapazität für Cobalt besitzt (Sauer, 2013). Da Buchweizen und Quinoa mit Amarant zur Gruppe der Pseudogetreide gehören und speziell Quinoa wie Amarant ein Fuchsschwanzgewächs ist, ergab sich die Fragestellung, ob diese beiden Kulturen ebenfalls hohe Cobalt- und Nickelgehalte aufweisen und somit die Biogasbildung im Fermenter stabilisieren könnten.

Material und Methoden

Aus einem randomisierten Feldversuch (2013) wurden Pflanzenproben von verschiedenen Buchweizen- und Quinoasorten auf ihre Spurenelementgehalte (Cobalt und Nickel) untersucht. Zum Vergleich wurden Pflanzenproben von Silomais, Sorghum und Amarant, die in direkter Nähe ebenfalls in Feldversuchen angebaut wurden, genommen.

Aus Einzelparzellen wurden 3 bis 4 Pflanzen händisch mit einem Zackenmesser 10 cm über dem Boden abgetrennt und parzellenweise in Plastiksäcken zusammengefasst. Zur Ermittlung von ergänzenden Kenn- bzw. Korrekturwerten wurden in regelmäßiger Verteilung über den Standort Bodenproben (20 cm Tiefe) gezogen. Das Pflanzenmaterial als auch der Boden wurden bei 105 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und mit der Achatkugelmühle (Fritsch PULVERISETTE Typ 05.102) analysenfein gemahlen. Im Zuge der Probenvorbereitung für die Bestimmung der Elementkonzentrationen wurden die pulverisierten Boden- und Pflanzenproben zusammen mit Blind- und Referenzproben im seriellen Säuretotalaufschlussverfahren unter Einsatz eines hochreinen Gemisches aus 65 %-iger Salpetersäure (HNO₃), 40 %-iger Flusssäure (HF) und 70 %-iger Perchlorsäure (HClO₄) vollständig in Lösung gebracht. Die Multielementanalysen erfolgten über die Methoden der Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) am Gerät Optima 3300 DV (Perkin Elmer) sowie der Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) am Gerät ELAN DRC II (Perkin Elmer).

Ergebnisse und Diskussion

Die Cobaltgehalte von Quinoa lagen im Mittel 12-fach oberhalb von Mais (Abb. 1). Auf Sortenebene (nicht dargestellt) wurden sogar 20-fach höhere Gehalte ermittelt. Die Cobaltmenge von Amarant wurde um 6 % übertroffen. Buchweizen erreichte verglichen mit Mais eine 10-fach höhere Konzentration an Cobalt. Bei einem angenommenen Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) von 17 t/ha würde durch Mais 0,25 g Cobalt/ha vom Feld abgefahren. Bei Buchweizen und Quinoa liegt das Ertragspotenzial bei 5 bis 6 t TM/ha. Dennoch würde mit 0,84 bzw. 0,95 g Cobalt/ha das 3,4 bis 3,8-fache im Vergleich zu Mais vom Feld abgefahren werden. Der Nickelgehalt (Abb. 1) lag gegenüber Mais bei Quinoa und Buchweizen um das 3,8- bzw. 3-fache höher. Generell war das Cobalt- und Nickelaufnahmepotenzial signifikant von der Art abhängig.

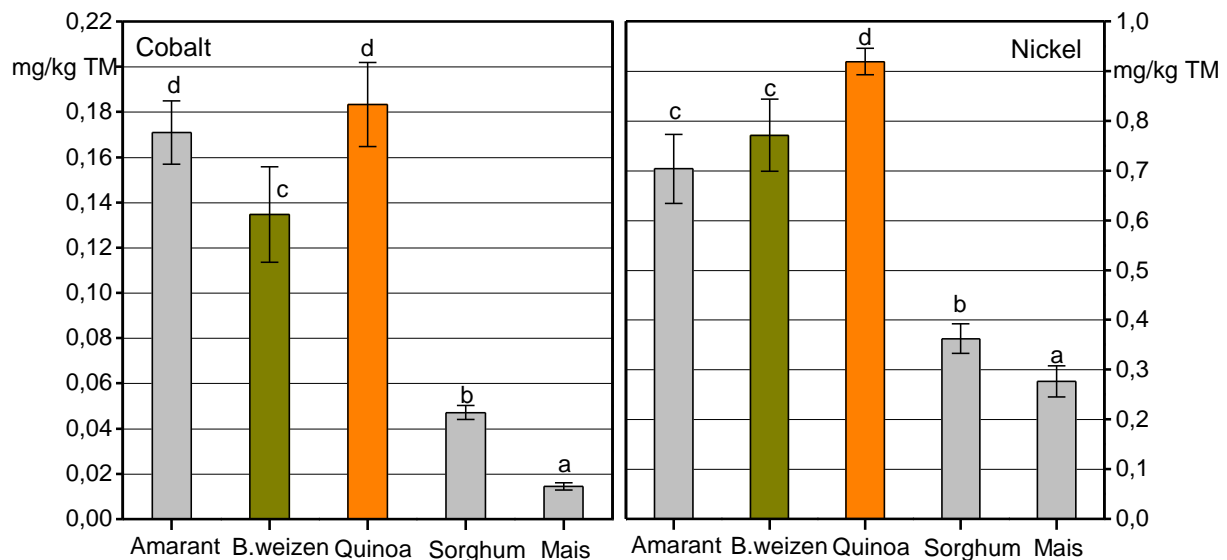


Abbildung 1: Nickel- und Cobaltgehalte von Amarant (n = 75), Buchweizen (n = 5), Quinoa (n = 5), Sorghum (n = 4) und Mais (n = 6). Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden, Fehlerbalken = Standardfehler

Innerhalb der Arten Buchweizen und Quinoa gab es deutliche Sorteneinflüsse (nicht dargestellt). Die sortenbedingte Spanne des Cobaltgehalts lag für Buchweizen bei 0,12 bis 0,24 mg/kg TM und für Quinoa bei 0,17 bis 0,29 mg/kg TM. Für Nickel war der Sorteneinfluss hingegen geringer. Die Spanne des Nickelgehalts lag für Buchweizen bei 0,7 bis 1,3 mg/kg TM und für Quinoa bei 0,8 bis 1,1 mg/kg TM.

Die Ergebnisse zeigen, dass Buchweizen und Quinoa ebenso wie Amarant ein hohes Aufnahmepotenzial hinsichtlich Cobalt und Nickel besitzen. Trotz des zu Mais etwa dreifach geringeren TM-Ertrags, kann die Beimischung von Quinoa und Buchweizen zum Substratmix die Biogasproduktion im Fermenter stabilisieren und sich so der Anbau dieser neuen Kulturen als späte Zweitfrucht oder Zwischenfrucht lohnen.

Literatur

Pobeheim, Herbert; Munk, Bernhard; Lindorfer, Harald; et al. (2011): „Impact of nickel and cobalt on biogas production and process stability during semicontinuous anaerobic fermentation of a model substrate for maize silage.“ *Water research*. Elsevier Ltd 45 (2), pp. 781–7

Sauer, B. (2011): Spurenelemente bei anderen Energiepflanzen wie z. B. Durchwachsende Silphie. In: Fachtagung „Spurenelemente in Biogasanlagen – Wirkungsweise, Versorgungswege, Handlungsempfehlungen“, 17.5.2011 in Göttingen

Saatguterzeugung bei Bioenergiegräsern: 1. Untersuchungen zur Variabilität phänotypischer Merkmale von *Phalaris arundinacea* L. am Beispiel eines Zuchtsortiments

Franziska Nagel¹, Christian Wittmann¹, Ulf Feuerstein², Karin Förster¹

¹Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, D-06099 Halle (Saale), ²Euro Grass Breeding GmbH & Co. KG, D-27330 Asendorf.
E-Mail: karin.foerster@landw.uni-halle.de

Einleitung

Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) ist eine weit verbreitete perennierende Kulturart feuchter bis nasser, wechselfeuchter, aber auch oberflächlich trockener Standorte mit einem hohen Ertragspotential. In Skandinavien und anderen Ländern wird es auf mehr als 20.000 ha als Energiegras eingesetzt (Don et al., 2012). Einerseits steht der breiteren Nutzung als Bioenergiegras eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Saatgut gegenüber, die sich aus der ungleichmäßigen Reife der Rispen, dem lockeren Kornsitz der Spelzfrüchte, einer schwierigen Reifezeitpunktbestimmung und damit verbundenen hohen Ertragsschwankungen ergibt. Andererseits zeichnet sich die Art durch eine große Variabilität ihrer Merkmale aus (Baldini, 1995). Mehrere Autoren /1/ fanden in *Phalaris*-Arten Korrelationen zwischen phänotypischen Merkmalen und der Ausfallfestigkeit der Spelzfrüchte.

Im Jahr 2012 wurde am Standort Etzdorf der Universität Halle ein Versuch angelegt, um die Variabilität von Merkmalen zu untersuchen, die für die Saatguterzeugung bzw. die Selektion ausfallresistenter Populationen von Interesse sein können.

Material und Methoden

40 Populationen, Zuchtmaterial aus dem Zuchtprogramm der DSV, wurden auf einem Löß-Schwarzerde-Standort mit der Ackerzahl 93 und einem Wasserspeichervermögen von 525 mm geprüft. Die langjährige Jahresdurchschnittstemperatur des Standortes liegt bei 9 °C, der mittlere jährliche Niederschlag bei 459,2 mm.

Pro Population wurden im Frühjahr 2012 im Abstand von 0,90 m in der Reihe und 1,00 m zwischen den Reihen fünf vernalisierte Pflanzen ausgepflanzt. Im Samennutzungsjahr 2013 wurde im Frühjahr eine Stickstoffdüngung (120 kg N/ha), standortüblich mit Ammonsulfatsalpeter, gegeben. Unkrautkontrolle und Freihaltung der Zwischenräume zwischen den Pflanzen erfolgten mechanisch.

Die Pflanzenlänge wurde nach der Blüte, die Rispenlänge an geschnittenen reifen Rispen gemessen. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels OriginPro 8.1 (OriginLab Corp. Northampton, USA).

Ergebnisse und Diskussion

Die Rohrglanzgraspopulationen haben sich am Versuchsstandort nach dem sehr kalten März 2013 (bis -17 °C) bei guter Wasserversorgung des Bodens ab Mitte April zügig entwickelt und ab 4. Juni 2013 geblüht. Beispielhaft für ihre Entwicklung wird in Abb. 1 die Pflanzenlänge dargestellt. Die mittlere Pflanzenlänge beträgt 190 cm. Der Einfluss der Population ist signifikant. Einzelne Populationen, z. B. 1, 10, 19, 20 und 22, sind hinsichtlich des Merkmals sehr stabil. In den Populationen 6, 28 und 40 dagegen sind die Differenzen zwischen den Einzelpflanzen, bezogen auf 50 % der

Werte, groß. Dieser Hinweis auf eine potentielle Instabilität der genannten Populationen darf nicht mit der hohen Spannweite der Werte, z. B. in Population 9, hervorgerufen durch eine Pflanze, verwechselt werden.

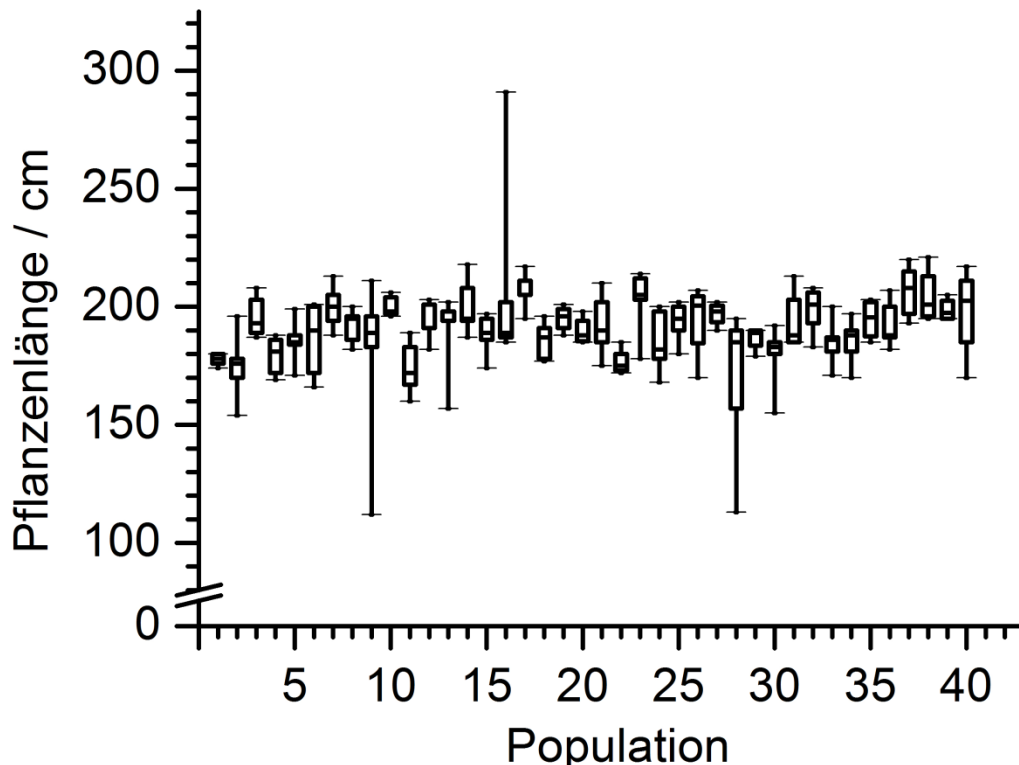


Abb. 1: Pflanzenlänge der 40 Rohrglanzgras-Populationen (Box-Whisker-Plot: Minimum, 25%-Perzentil der Box, Median, 75%-Perzentil, Maximum; N=192).

Die mittlere Rispenlänge lag bei 15,3 cm (Minimum 10,5 cm, Maximum 23,1 cm). Einzelne Populationsmittelwerte unterscheiden sich signifikant voneinander. Zwischen Pflanzen- und Rispenlänge konnte, über alle Populationen betrachtet, kein Zusammenhang festgestellt werden.

Die vorselektierten Populationen weisen im Versuchsjahr 2013 für die vorgestellten Merkmale eine mit anderen untersuchten Populationen/Sorten vergleichbare Variabilität auf /1/.

Danksagung

Der Versuch wurde als Teil des Verbundvorhabens „Rohrglanzgraszüchtung und -vermehrung“ mit Mitteln des BMELV über die FNR gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

Baldini, R. M., 1995: Revision of the genus *Phalaris* L. (Gramineae). *Webbia* 49 (2), 265-329.
 Don, A. et al., 2012: Land-use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. *GCB Bioenergy* 4, 372–391, doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01116.x.

/1/ Literatur auf Anfrage.

Saatguterzeugung bei Bioenergiegräsern: 2. Untersuchungen zur Ausfallfestigkeit von Spelzfrüchten in Rispen von *Phalaris arundinacea* L. am Beispiel eines Zuchtsortiments

Christian Wittmann¹, Franziska Nagel¹, Ulf Feuerstein², Karin Förster¹

¹Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, D-06099 Halle (Saale), ²Euro Grass Breeding GmbH & Co. KG, D-27330 Asendorf.
E-Mail: karin.foerster@landw.uni-halle.de

Einleitung

Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) gehört zu den Gräsern mit einer ungleichmäßigen Reife und hohen Ausfallneigung der Spelzfrüchte. Die Saatwareerträge schwanken zwischen den Jahren sehr stark. Eine züchterische Bearbeitung der Art erfolgte in der Regel im Hinblick auf die Bildung vegetativer Masse und weniger auf den Saatgutertrag. Ein Problem, das von den Futtergräsern her bekannt ist. Da Untersuchungen von Populationen unterschiedlicher geographischer Herkünfte die Variabilität ertragsrelevanter Merkmale belegen /1/, erscheint es lohnend, aus Deutschland stammende, vorselektierte Populationen hinsichtlich ihrer Ausfallfestigkeit zu untersuchen.

Im Jahr 2012 wurde deshalb am Versuchsstandort Etdorf der Universität Halle ein Versuch zur Untersuchung der Variabilität von Merkmalen angelegt, die für die Charakterisierung von Populationen oder Einzelpflanzen mit höherer Ausfallfestigkeit von Interesse sein können.

Material und Methoden

Untersucht wurden 40 Rohrglanzgras-Populationen, die aus dem Zuchtprogramm der DSV stammen. Der Standort und die Anbaubedingungen werden in Nagel et al. (2014) beschrieben.

Zur Bestimmung der Ausfallfestigkeit wurden pro Pflanze nach Abschluss der Blüte je 10 Rispen in Crispac-Beutel eingetütet. Die Ernte der eingetüteten Rispen erfolgte nach der Vollreife, einem Zeitpunkt, an dem in der Regel bereits Spelzfrüchte ausgefallen waren. Zur Egalisierung der Ausfallbedingungen wurde bei allen Proben ein Ausfallprovokationstest (Förster, unveröff.) eingesetzt. Die Ausfallfestigkeit wird anschließend als prozentualer Masseanteil der in der Rispe verbliebenen Spelzfrüchte an der Gesamtmasse der pro Rispe gebildeten Spelzfrüchte bestimmt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels OriginPro 8.1 (OriginLab Corp. Northampton, USA).

Ergebnisse und Diskussion

Die 40 Rohrglanzgras-Populationen weisen in ihrer Ausfallfestigkeit eine große Variationsbreite auf (Abb. 1). Sie reicht von einem Maximalwert von 63,7 % bis zu einem Minimalwert von 1,6 %. Der Median der Werte liegt bei 14,8 %, der Mittelwert bei 18,0 %. Werte über 18 % sind somit seltener als niedrigere Werte. Die Überprüfung des Einflusses der Population auf die Variabilität der Ausfallfestigkeit ergibt nach Transformation der linksschief verteilten Werte keine Signifikanz. Die Ausfallfestigkeit variiert innerhalb der Population z. T. stärker als zwischen den Medianen der Populationen. Einzelpflanzen, z. B. der Populationen 10, 23 und 35, mit der

höheren Ausfallfestigkeit sind für weitere Untersuchungen auf die Heritabilität der Eigenschaft vorgesehen.

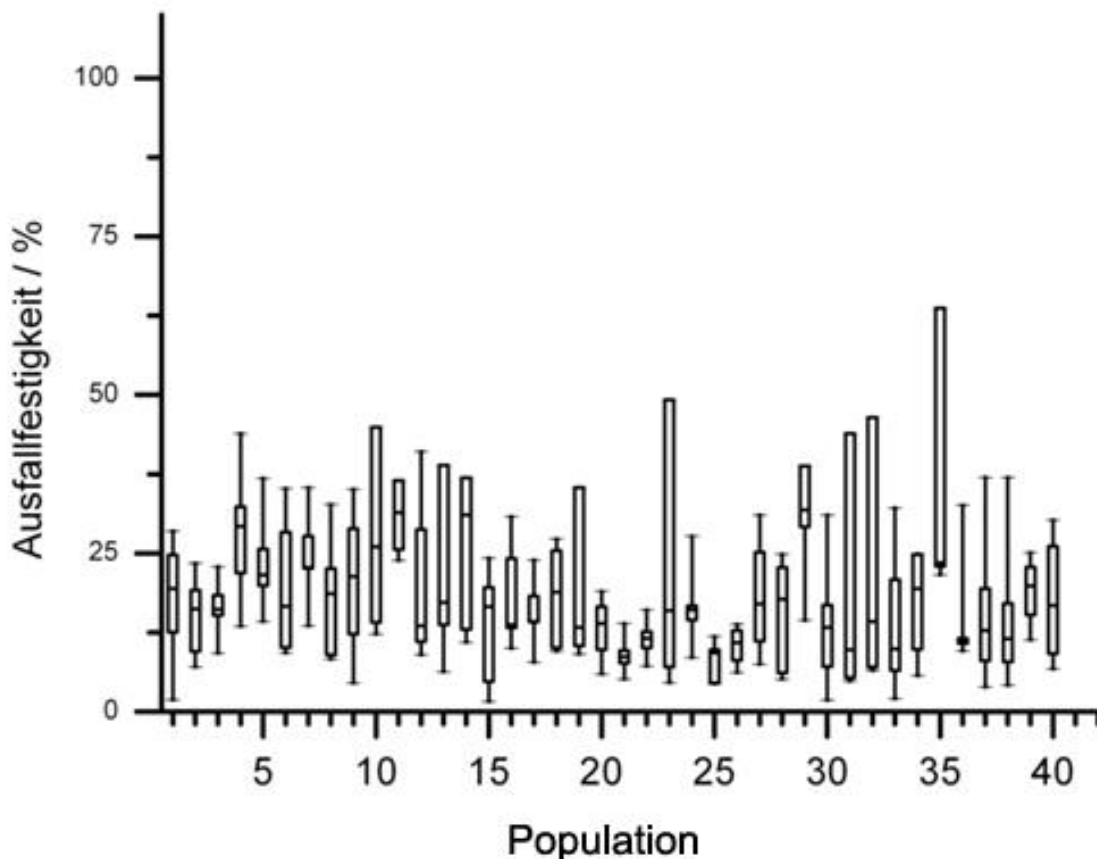


Abb. 1: Ausfallfestigkeit der 40 Rohrglanzgras-Populationen (Box-Whisker-Plot: Minimum, 25%-Perzentil der Box, Median, 75%-Perzentil, Maximum; N=185).

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war die Identifizierung von Populationen oder Einzelpflanzen mit einer hohen Ausfallfestigkeit. Da die direkte Bestimmung des Merkmals durch Feststellung der Spelzfruchterträge aufwendig ist, ist die Korrelation zu anderen leichter zu bestimmenden phänotypischen Merkmalen interessant. Von mehreren Autoren /1/ wurden Abhängigkeiten zwischen phänotypischen Merkmalen und der Ausfallneigung von Gräsern beschrieben. Im untersuchten Sortiment konnte zwischen der Länge der Pflanzen (Spearman Korrelationskoeffizient -0,02) bzw. der der Rispen (-0,20) und der Ausfallfestigkeit keine bzw. eine schwach negative Abhängigkeit festgestellt werden.

Danksagung

Der Versuch wurde als Teil des Verbundvorhabens „Rohrglanzgraszüchtung und -vermehrung“ mit Mitteln des BMELV über die FNR gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

Nagel, F., Wittmann, C., Feuerstein, U., K. Förster, 2014: Saatguterzeugung bei Bioenergiegräsern: 1. Untersuchungen zur Variabilität phänotypischer Merkmale von *Phalaris arundinacea* L. am Beispiel eines Zuchtsortiments. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 26.
/1/ Literatur auf Anfrage.

Mehrjährige Kulturen zur Biogasnutzung in Bayern

Anja Hartmann, Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ),
Straubing; E-Mail: anja.hartmann@tfz.bayern.de

Einleitung

Der Anbau von mehrjährigen Biogaskulturen ist aus arbeitswirtschaftlicher und ökologischer Sicht eine interessante Alternative zu klassischen einjährigen Pflanzen. Probleme bereiten noch die anspruchsvolle und z. T. kostenintensive Etablierung sowie die oftmals fehlende Anbauerfahrung. Auch das Ertragspotential wurde bisher nur an wenigen Standorten getestet. Aus diesem Grunde soll ein Projekt zu den mehrjährigen Biogaskulturen Durchwachsene Silphie, Sida, Riesenweizengras, Waldstaudenroggen und Switchgrass Fragen zum Ertragspotential und zur Anbauwürdigkeit für verschiedene bayerische Standorte mit unterschiedlichen boden-klimatischen Bedingungen beantworten. Auf Basis von Voruntersuchungen am Standort Straubing liegen bereits erste, recht vielversprechende Ertragsergebnisse der Kulturen D. Silphie, Sida und Riesenweizengras vor.

Material und Methoden

Die Kulturen Durchwachsene Silphie, Sida und Riesenweizengras wurden 2011 in Parzellenversuchen angelegt. Der Standort Straubing zeichnet sich durch einen sehr guten Boden (uL; Ackerzahl: 73 bis 75), mittlere Temperaturen (langjähriges Mittel: 8,3 °C) und ausreichend Niederschläge (langjährige Summe: 783 mm) aus. Das Riesenweizengras der Sorte „Szarvasi 1“ sowie die Sida (polnische Herkunft) wurden in 20 bzw. 37,5 cm Reihenweite und mit einer Saatstärke von 25 kg/ha bzw. 3 kg/ha gedrillt. Die Durchwachsene Silphie, Herkunft Thüringen, wurde mit 4 Pflanzen/m² gepflanzt. Saat- bzw. Pflanztermin war Mitte Mai (Riesenweizengras, D. Silphie) und Ende Juni 2011 (Sida). Im ersten Jahr erhielten die Kulturen eine Startgabe von jeweils 60 kg N/ha. In den Folgejahren wurden die Bestände mit 120 bis 180 kg N/ha in Form von KAS versorgt. Das Riesenweizengras erhielt zusätzlich 80 kg K₂O/ha. Die Unkrautkontrolle fand mechanisch statt. Im Etablierungsjahr wachsen bei diesen Kulturen keine erntewürdigen Bestände auf. Ab dem zweiten Jahr wurden die Bestände mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler beerntet und der Ertrag verwogen. Die Erntetermine waren Ende Juni und Oktober (Riesenweizengras), Ende Juli und Oktober (Sida) sowie Anfang September (D. Silphie). Als Ziel-Trockensubstanzgehalt zur Ernte wurden für eine verlustfreie Silierung 28 % TS angestrebt. Die Untersuchung der inhaltsstofflichen Zusammensetzung erfolgte an getrocknetem Pflanzenmaterial (60 °C), die Bestimmung der Methanausbeute mittels Batchversuch anhand von Laborsilagen (ca. 1 kg Probemenge).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Standortes Straubing in Abbildung 1 zeigen, dass das Biomassepotential von Riesenweizengras und D. Silphie mit bis zu 182 und 210 dt TM/ha beachtlich sein kann, wobei ersteres in zwei Schnitten beerntet wurde. Insbesondere die D. Silphie erreichte damit fast Maisniveau. Die zu den Malvengewächsen gehörende Sida konnte mit maximal 131 dt TM/ha (erster und zweiter Schnitt) die in der Literatur beschriebenen Ertragserwartungen bisher nicht

erfüllen. Allerdings wurden 2013 bereits im ersten Schnitt 110 dt TM/ha geerntet, deutlich mehr als das Jahr zu vor. Der zweite Schnitt brach dann jedoch bedingt durch eine extreme Trockenheit im Sommer 2013 ein. Die Ergebnisse zeigen aber, dass noch Potenzial vorhanden ist. Bei dieser Kultur ist erst ab dem dritten Jahr mit der voller Ertragsleistung zu rechnen.

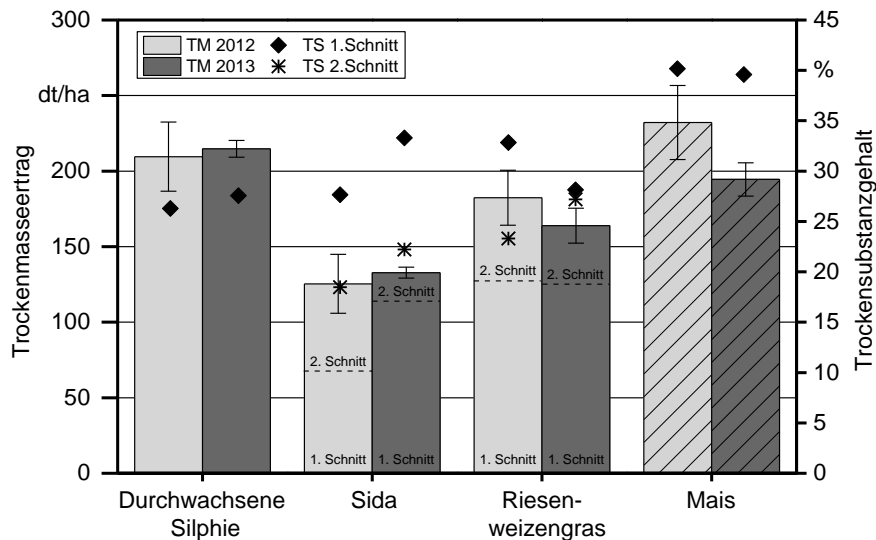


Abb. 1: Trockenmasseerträge (TM) und Trockensubstanzgehalte (TS) am Standort Straubing (Mittelwerte und Standardabweichung, n = 4)

Die im Batchversuch ermittelten Methanausbeuten aller drei Kulturen lagen 15 bis 37 Prozent unter den für den züchterisch optimierten Mais angenommenen 344 NI CH₄/kg oTM (FNR 2011). Den niedrigsten Wert wiesen die Proben der D. Silphie mit maximal 264 NI CH₄/kg oTM auf. Nach Biertümpfel et al. (2013) sind aber bis zu 285 NI/kg oTM möglich. Riesenweizengras und Sida lagen mit ca. 280 bzw. 293 NI CH₄/kg oTM auf etwa gleichem Niveau. Ein Vergleich mit Literaturwerten zeigt, dass in anderen Untersuchungen höhere Methanausbeuten erreicht wurden. Biertümpfel (2012) ermittelte für Sida bis 300 NI/kg oTM und Geißendörfer (2013) bestimmte die Methanausbeute von Riesenweizengras mit bis zu 350 NI/kg oTM. Die Differenzen könnten auf unterschiedliche Reifestadien zur Probenahme zurückzuführen sein. Methodische Abweichungen bei der Bestimmung der Methanausbeute können ebenfalls eine Rolle gespielt haben (getrocknetes Material vs. Silageproben). Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse ein hohes Potenzial dieser Kulturen auf dem begünstigten Standort Straubing. Was sie auf weiteren bayerischen Standorten leisten können, wird das Projekt zeigen.

Literatur

- FNR e.V. (Hrsg.) (2011): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. 4. Auflage. (<http://mediathek.fnr.de/standortangepasste-anbausysteme-fur-energiepflanzen.html>)
- Biertümpfel, A. (2012). Vortrag: Was leisten Sida & Co unter Thüringer Standortbedingungen. Fachgespräche Energiepflanzen (Jena, 26.03.2012)
- Biertümpfel, A.; Conrad, M. (2013): Abschlussbericht: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens (<http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp1013.pdf>).
- Geißendörfer, H. 2013): Vortrag: Anbaueignung von Energiegräsern zur Biogaserzeugung. Bunte Vielfalt auf dem Acker. 4. Symposium Energiepflanzen (Berlin, 22.-23.10.2013)

Dieses Vorhaben wird mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

Produktivität und Brennstoffqualität entwässerter Silagen von Auengrünlandstandorten Zentraleuropas

Lutz Bühle, Frank Hensgen und Michael Wachendorf

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen.
E-Mail: buehle@uni-kassel.de

Einleitung

Grünland in Flussauen ist häufig durch eine hohe Biodiversität gekennzeichnet und erfüllt darüber hinaus vielfältige ökologische Funktionen (Verhoeven und Setter, 2010). Für den Hochwasserschutz spielt es eine bedeutende Rolle, da Auengrünland eine vergleichsweise hohe Wasseraufnahmefähigkeit besitzt. Die ganzjährige Bodenbedeckung verringert zudem die Gefahr des Boden- und Nährstoffverlusts. Die zukünftige Bewirtschaftung dieser Grünlandflächen bringt jedoch Herausforderungen mit sich. Zum einen stellt die Beerntung der Feuchtflächen vielerorts ein Problem dar, zum anderen ist der Aufwuchs aufgrund des geringen Nährwerts als Tierfutter oft uninteressant. Dadurch verbrachen diese Flächen zunehmend in vielen europäischen Regionen.

Das europäische Projekt DANUBENERGY hat zum Ziel, einen technischen Ansatz (Verfahren der Integrierten Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB), Wachendorf et al., 2009) zur energetischen Verwertung weiterzuentwickeln und in die Praxis umzusetzen und damit einen Beitrag zum Erhalt der Flächen zu leisten. Diese Arbeit widmet sich der Produktivität von 7 Grünlandstandorten in Zentraleuropa und technischen Aspekten der Brennstoffherstellung und -nutzung.

Material und Methoden

Es wurden sieben Grünlandflächen in Italien, Slowenien, Österreich, Tschechien, Deutschland, Polen und in der Slowakei untersucht. Auf jeder Fläche wurden auf 3 Probeflächen von jeweils 25 m³ die botanische Zusammensetzung (Deckungsgrade) sowie anhand von 3 Probenflächen von jeweils 5 m² der Trockenmasseertrag ermittelt.

Mittels großtechnischer Ernte wurden 5 t Frischmasse in Rundballen einsiliert. Die als Silage konservierte Biomasse wurde anschließend mit einem Querstromzerspaner zerkleinert und danach im Verhältnis 1:15 (bezogen auf die Trockenmasse) mit Wasser gemischt, ausgepresst und als lagerfähiger Brennstoff getrocknet. Mithilfe der Röntgenfluoreszenzanalytik wurden brennstoffrelevante Mineralstoffe sowohl in der unbehandelten Silage als auch in den nach Maischung und Abpressung erzeugten Presskuchen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenmasseerträge der ausgewählten Grünlandflächen schwankten zwischen 2,8 und 11,8 t TM ha⁻¹ a⁻¹ (Tab. 1). Hohe Erträge erzielten Feuchtflächen mit den typischen Bestandsbildnern *Phragmites australis* und *Phalaris arundinacea*. Flächen mit geringerem Wassereinfluss, dominiert durch *Juncus effusus* und *Carex*-Arten, waren durch ein mittleres Ertragsniveau gekennzeichnet, während die Flächen mit begrenztem Wasserangebot die geringsten Erträge aufwiesen.

Tab. 1: Dominierende Pflanzenarten, Trockenmasseertrag (Mittelwert \pm Standardfehler) sowie brennstoffrelevante Mineralstoffgehalte (in der unbehandelten Silage sowie der daraus erzeugten Presskuchen, Mittelwert \pm Standardfehler) von sieben Grünlandflächen in Zentraleuropa

| Herkunft | Dominierende Arten | Trockenmasseertrag (t ha ⁻¹ a ⁻¹) | Mineralstoffgehalt (% der Trockenmasse) | | | | | |
|-------------|--|---|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | Silage | | | Presskuchen | | |
| | | | K | Cl | S | K | Cl | S |
| Italien | <i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Typha latifolia</i> | 11.8 \pm 1.1 | 1.15 \pm 0.01 | 0.64 \pm 0.01 | 0.23 \pm 0.00 | 0.10 \pm 0.00 | 0.05 \pm 0.00 | 0.07 \pm 0.00 |
| Slowenien | <i>Juncus effusus</i> <i>Carex species</i> <i>Alisma plantago-aquatica</i> | 5.3 \pm 0.5 | 1.86 \pm 0.03 | 0.50 \pm 0.01 | 0.15 \pm 0.00 | 0.20 \pm 0.01 | 0.05 \pm 0.00 | 0.07 \pm 0.00 |
| Österreich | <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Bolboschoenus maritimus</i> | 8.6 \pm 4.0 | 1.16 \pm 0.01 | 0.54 \pm 0.00 | 0.17 \pm 0.00 | 0.11 \pm 0.01 | 0.04 \pm 0.01 | 0.07 \pm 0.01 |
| Tschechien | <i>Medicago falcata</i> <i>Bromus erectus</i> <i>Centaurea scabiosa</i> | 2.8 \pm 0.3 | 2.08 \pm 0.02 | 0.21 \pm 0.01 | 0.14 \pm 0.01 | 0.25 \pm 0.01 | 0.03 \pm 0.01 | 0.06 \pm 0.01 |
| Deutschland | <i>Carex disticha</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Holcus lanatus</i> | 3.2 \pm 0.6 | 1.33 \pm 0.03 | 1.01 \pm 0.02 | 0.17 \pm 0.01 | 0.17 \pm 0.01 | 0.06 \pm 0.00 | 0.08 \pm 0.00 |
| Polen | <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Carex gracilis</i> | 11.0 \pm 0.9 | 0.82 \pm 0.02 | 0.61 \pm 0.02 | 0.28 \pm 0.01 | 0.11 \pm 0.00 | 0.08 \pm 0.00 | 0.09 \pm 0.00 |
| Slowakei | <i>Agrostis capillaris</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Achillea millefolium</i> | 5.7 \pm 1.0 | 2.81 \pm 0.06 | 0.22 \pm 0.01 | 0.16 \pm 0.00 | 0.32 \pm 0.03 | 0.04 \pm 0.00 | 0.06 \pm 0.00 |

Die Mineralstoffgehalte in der Silage (Tab. 1) wiesen Werte auf, die eine technische Nutzung der Biomassen durch Verbrennung erschweren und zu Emissions-, Korrosions- und Verschlackungsproblemen führen würden. Durch das IFBB-Verfahren konnten diese Gehalte reduziert werden, im Falle von Kalium um 85-91%, für Chlor um 81-94% und für Schwefel um 52-71%.

Danksagung

Die Autoren danken der Europäischen Union für die Co-Finanzierung des Projekts DANUBENERGY (4CE561P3) im Rahmen des Central Europe-Programms (Interreg IV B).

Literatur

- Verhoeven J.T.A. and T.L. Setter (2010): Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany* 105: 155-163.
- Wachendorf, M.; F. Richter, T. Fricke, R. Graß und 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.

Nährstoffgehalte und Erträge von Kartoffeln in Abhängigkeit zur Entfernung vom Gehölzstreifen in einem Agroforstsystem

Michael Kanzler*, Christian Böhm und Dirk Freese

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus; E-Mail: kanzlmic@tu-cottbus.de

Einleitung

Die Agroforstwirtschaft, also die kombinierte Nutzung von Bäumen und Feldfrüchten auf einer landwirtschaftlichen Fläche, gewinnt vor dem Hintergrund der steigenden Holznachfrage sowie diverser ökologischer Vorteilswirkungen auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung. Verglichen mit den bereits bekannten Umweltleistungen, wie etwa einer erhöhten Biodiversität sowie dem Schutz vor Winderosion, ist der potenzielle Einfluss der Gehölzstreifen auf das Wachstum bzw. die Nährstoffversorgung von angrenzenden Feldfrüchten in Agroforstsystemen noch weitestgehend ungeklärt. Zur Quantifizierung dieser möglichen Interaktion wurden im Jahr 2013 auf einem etwa 40 ha großen Agroforst-Versuchsstandort nahe der Stadt Forst (Lausitz) umfangreiche Nährstoff- und Ertragsuntersuchungen durchgeführt.

Material und Methoden

Die folgenden Untersuchungen wurden auf einem konventionell bewirtschafteten, 40 ha großen Ackerschlag nahe dem Fluss Neiße durchgeführt, auf dem 2010 ein Agroforstsystem mit im Kurzumtrieb bewirtschafteten Gehölzstreifen etabliert wurde. In Tabelle 1 sind einige Kenndaten der Versuchsfläche zusammengestellt.

Tab. 1: Kenndaten der Agroforstversuchsfläche (Bodenwerte beziehen sich auf 0-30 cm Bodentiefe)

| Parameter | Versuchsstandort Neißetal |
|---|---|
| Bodentyp / dominierende Bodenarten | Gley-Vega / Sl2, Su3 |
| Etablierung des Agroforstsystems [Jahr] | 2010 |
| Anzahl und Breite der Acker- / Baumstreifen | 2 * 96 m, 2 * 48 m, 2 * 24 m / 7 * 10 m |
| Baumart/Klon | Pappel/Max, Robinie |
| Bodenzahl | 45 |
| N _{min} / P _{DL} / K _{DL} (mg kg ⁻¹) Stand Frühjahr 2012 | 10/60/64 |
| Humusgehalt (%) Stand Frühjahr 2012 | 1,9 |
| pH-Wert (CaCl ₂) | 5,7 |

In unterschiedlich breiten mit Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) bestellten Ackerstreifen erfolgte im Jahr 2013, in variierenden Abständen zu den angrenzenden Gehölzstreifen, die Entnahme von Boden- und Kartoffelkrautproben (im Mai bzw. Ende Juni) sowie später im Herbst die Ernte und dammweise Wiegung der unterirdischen Knollen. Pflanzenverfügbares Phosphor (P_{DL}) und Kalium (K_{DL}) wurden nach der VDLUFA Doppellaktat-Methode (Hoffmann 1991) bestimmt. Die N-Gehalte der bei 60°C getrockneten und anschließend gemahlten Kartoffelblätter wurden mittels eines CNS-Analysator ermittelt, während die Gesamtgehalte an Mg, Ca, P und K aus Extrakten chemisch komplett aufgeschlossener Pflanzenproben ermittelt und mittels ICP (ICP-AES - Unicam iCAP6000 Duo) gemessen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Der Oberboden des Versuchsstandortes zeichnete sich durch eine optimale P- und gute bis überdurchschnittliche K-Versorgung aus. Bezüglich des P_{DL}-Gehaltes konn-

ten keine nennenswerten räumlichen Differenzen festgestellt werden. Der K_{DL} -Gehalt war hingegen in den Randzonen der Ackerstreifen (bis 6 m) niedriger als im Kernbereich, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Art der Ausbringung mineralischer Düngemittel zurückzuführen ist (Randstreumodus) (Abb. 1).

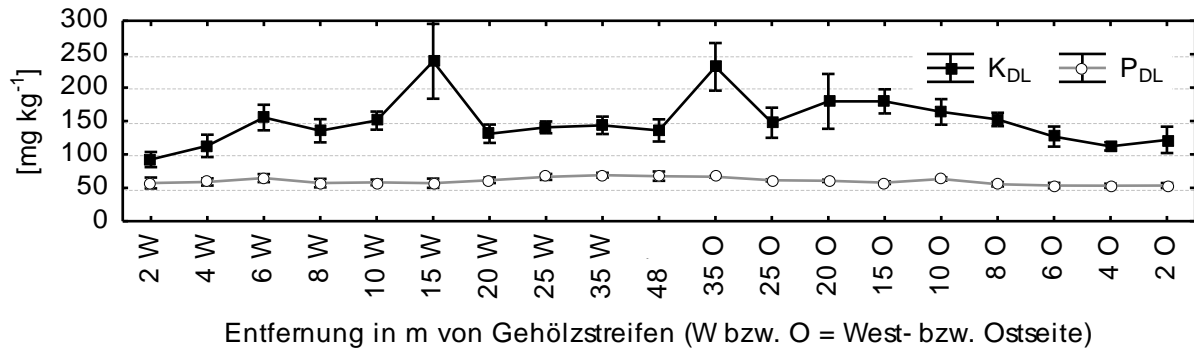


Abb. 1: Mittlere Gehalte an P_{DL} und K_{DL} im Oberboden (0-30 cm) auf den 96 m breiten Ackerstreifen in Abhängigkeit der Entfernung von den angrenzenden Gehölzstreifen ($n = 4$; Fehlerbalken = Standardfehler)

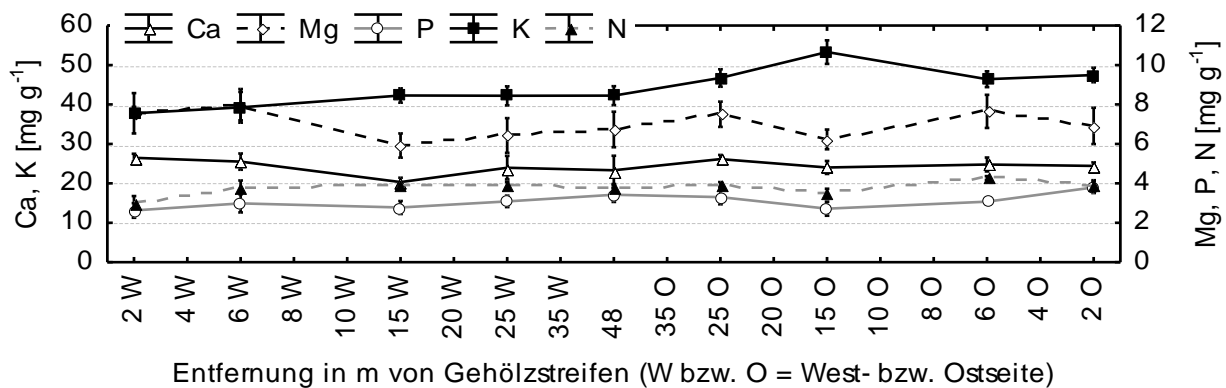


Abb. 2: Mittlere Gehalte an Ca, mg, P, K und N in der oberirdischen Biomasse der Kartoffelpflanzen auf den 96 m breiten Ackerstreifen in Abhängigkeit der Entfernung von den angrenzenden Gehölzstreifen ($n = 3-4$; Fehlerbalken = Standardfehler)

Trotz der geringeren P_{DL} - und K_{DL} -Gehalte war der Ernährungszustand der Kartoffelpflanzen im Randbereich der Ackerstreifen nicht allgemein schlechter als in dessen Zentren. Auch bezüglich der Elemente Ca, Mg und N konnte kein räumlich gerichteter Effekt der Gehölzstreifen auf den Ernährungszustand der Kartoffelpflanzen festgestellt werden (Abb. 2). Mit Differenzen des Ernährungszustandes in Zusammenhang stehende Ertragsunterschiede wurden nicht beobachtet. Ungeachtet dessen wurden auf der Westseite der schmalere Ackerstreifen (24 und 48 m) in einem Abstand von ca. 3 m zum Gehölzstreifen um bis zu 44 % höhere Kartoffelerträge als in der Ackerstreifenmitte ermittelt. Der Ertrag auf der Ostseite in 3 m Entfernung zum Baumstreifen fiel im Vergleich zum Kernbereich der Ackerstreifen dagegen etwa 35 % geringer aus.

Literatur:

Hoffman G (1991) Die Untersuchungen von Böden. VDLUFA-Methodenhandbuch Bd. 1. 4. Aufl. VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Danksagung: Die Autoren danken dem BMEL für die Finanzierung des Forschungsprojektes "AgroForstEnergie II – Teilvorhaben 2 (FKZ: 2200312); Für weitere Informationen siehe <http://www.agroforstenergie.de/de/>

Nutzung von abfallbürtigen verholzten Materialien nach den Normen EN 14961-1, ON C4005 und ISODIS17225 zur thermischen Verwertung

Martin Wellacher^{1*}, Wilfried Thoma² und Peter Liebhard²

¹Montanuniversität Leoben, Department für Umwelt- und Energieverfahrenstechnik, Institut für Abfallverwertungs-technik und Abfallwirtschaft, A-8700 Leoben

²Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung für Pflanzenbau; E-Mail: *peter.liebhard@boku.ac.at*

Einleitung

Beinahe ganzjährig steigen stetig in Österreich auf Abfall-Sammelplätzen die angelieferten Mengen bei Grün- und Strauchschnitt. Nur mehr zum Teil können diese großen Mengen über die Kompostierung verwertet werden, die Restmengen müssen als Abfall kostenpflichtig deponiert werden.

Bei den nachwachsenden Rohstoffen werden holzige Materialien aus verschiedenen Ausgangsmaterialien wie z.B. Waldhackgut, Waldrestholz, Grün- bzw. Strauchschnitt als Hackgut oder Schreddermaterial zunehmend in der stofflichen und thermischen Verwertung genutzt. Ausgehend von der ÖNORM M 7133 „Hackgut für energetische Zwecke“ aus dem Jahr 1998, die derzeit nur einen geringen Anteil der eingesetzten holzigen Materialien normt, entstand im Jahr 2010 die EN 14961 „Feste Biomasse-Brennstoffspezifikation und –klassen“ im europäischen Komitee für Normung. Die EN 14961-1 Norm umfasst derzeit nicht die wesentlichen Teile der in Mitteleuropa bzw. die am österreichischen Markt erhältlichen holzigen Biomassebrennstoffe. Die HFA „Holzforschung Austria“ hat 80 Proben von „Nicht-Stammholz“ analysiert, von welchen 58 % (72%) nicht EN-konform waren. Derzeit erarbeitet das ON-Komitee 241 eine ergänzende ON C 4005 und zusätzlich einen Vorschlag für die internationale Norm ISO/DIS 17225. Neben den Ausgangsmaterialien bestimmt die Aufbereitungstechnik den wirtschaftlichen Wert der Biomassebrennstoffe. Die ausgewählten Aufbereitungsschritte veredeln die Materialien und beeinflussen die Analyseergebnisse bei Korngröße und im Steingehalt. Im Rahmen der Masterarbeit wurden holzige Materialien mit „Komptech“ – Maschinen aufbereitet und hinsichtlich ihrer Korngröße in standardisierten Tests analysiert und charakterisiert. Diese speziell hergestellten holzigen Materialien wurden auf die Erfüllung der EN 14961-1 geprüft und für eine Erweiterung im Rahmen der in Bearbeitung befindlichen ON C 4005 und der ISO/DIS 17225 hin beurteilt.

Material und Methoden

Alle im Jahr 2012 im Großraum der Steiermark sowie in Niederösterreich gezogenen Materialproben wurden in der Arbeit bewertet. An den jeweiligen Standorten erfolgten aus ein bis maximal fünf Ausgangsmaterialien mittels einer bis drei Maschinen mit unterschiedlichen Maschineneinstellungen die Probenerstellungen. Die Bearbeitung aller verwendeten Materialien erfolgte ausschließlich mit „Komptech“- Maschinen und einem „Albach“ Holzhacker. Zur Veredelung der Materialien wurden eingesetzt: Langsamläufer mit feststehenden Werkzeugen, Hacker mit feststehenden Werkzeugen und Schnellläufer mit feststehenden Werkzeugen sowie Sternsiebmaschinen und Steinabscheider. Die Probenahme erfolgte nach (ÖNORM 14778-1 2006) und nach Probeübernehmerichtlinien der Papierholz Austria (SCHOPFHAUSER 2003).

Der Wassergehalt wurde nach ÖNORM EN 14774-2, die Partikelgrößen nach ÖNORM EN 15149-1, der Heizwert nach ÖNORM EN 14918 und der Aschegehalt nach ÖNORM EN 14775 klassifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund des steigenden Bedarfs an nachwachsender holziger Biomasse kommt der verwertbaren Biomasse, gewonnen aus verschiedensten Abfall- und Ausgangsmaterialien eine stetig steigende Bedeutung zu. Die Großheizanlagen verbrennen nicht nur Hackgut, sondern auch Waldhackgut aus Astmaterial, Wurzelstockmaterial und Schredderholz in verschiedenster Form. Der nationale und internationale Handel mit holzigen Biomassebrennstoffen braucht eine geeignete Normung als Instrument zur Erstellung von Verträgen, Vereinbarungen und Abkommen zwischen Lieferanten und Abnehmern.

Von 30 Analysenproben ließen sich nur vier Proben nach der ÖNORM EN 14961-1 klassifizieren. Diese vier Proben wurden mit dem Trommelhacker Chippo erstellt. Drei Proben bestanden aus einem Laubholzanteil von mehr als 50 % und aus einem Wassergehalt von mehr als 30 %. Bei der vierten Probe, bestehend aus Nadelhölzern, wurde das Hackgut nicht wie bei den anderen Proben nach der Hacktrommel über ein Gebläse ausgetragen, sondern über ein Förderband, was auf die Nachzerkleinerungsproblematik des Gebläseauswurfes hinweist. Der Hauptanteil verschob sich in Richtung feinerer Fraktion und der Anteil der Siebfractionen von den unteren vier Siebschnitten (0-16mm) stieg um 50% bis 100%.. Die Norm EN 14961, herausgegeben vom europäischen Institut für Normung aus dem Jahre 2010, lässt sich in Österreich nur unzureichend anwenden. Bei den in dieser Arbeit definierten 30 Hack – und Schredderholzproben ließen sich nur vier normieren.

Die vorliegenden Ergebnisse der Arbeit trugen wesentlich zur noch in Bearbeitung befindlichen ISO/DIS 17225 Norm bei. Neben der Aufbereitung mittels Hacktechnik und Schreddertechnik sind die Austragung, die nachgelagerte Siebtechnik und die Störstoffabscheidung bzw. Steinabscheidung ein entscheidender Bereich zur Verbesserung der Qualität des Heizmaterials und der Auftrennung in verschiedene Größenklassen.

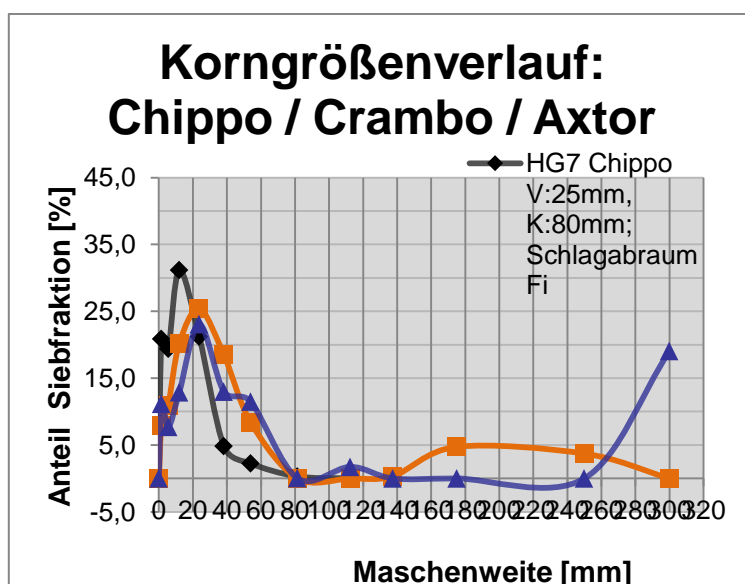


Abbildung 1: Korngrößenverlauf des anfallenden Hackgutes in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial (Grünschnitt, Schlagabraum, Restholz), Hackgerät (Chippo, Crambo und Axtor) und der Nachbereitung

Literatur

Literatur ist bei P. Liebhard erhältlich

Entwicklung einer einfachen Methode zur Bestimmung der Eignung von Agroforstsystemen als Naturschutzmaßnahme für Fledermäuse

Wolfrum S., Zvorykina A., Lu J., Chmelíková L., Huber J., Köhler A., Schmid H. und
Hülsbergen K.-J.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme,
Freising. E-Mail: *sebastian.wolfrum@tum.de*

Einleitung

Vor dem Hintergrund zunehmender Landnutzungskonflikte gelten Agroforstsysteme als geeignete Maßnahme sowohl landwirtschaftliche als auch naturschutzfachliche Ziele zu erreichen. Positive Effekte wurden bereits für viele Arten beobachtet (Glemnitz et al. 2012). Die Auswirkungen von Agroforstsystemen auf Fledermäuse, die als Indikatorarten für Lebensraumqualität und Biotopverbund gut geeignet sind (Jones et al. 2009), wurden bisher aber nicht erfasst. Grund dafür ist die Nachtaktivität dieser Tiergruppe und die Tatsache, dass die Erfassung von Fledermäusen einen hohen Aufwand und umfangreiches Fachwissen erfordern. Aus diesem Grund wurde ein standardisiertes Protokoll zur einfachen und kostengünstigen Erfassung der Fledermausaktivität entwickelt.

Material und Methoden

Um dieses vereinfachte Verfahren zu testen, wurden auf dem Versuchsgut Scheyern in Süddeutschland Fledermäuse in vier Agroforstsystemen und vier linearen Landschaftsstrukturen (Grasstreifen, Gehölzstreifen) erfasst. Die Untersuchung fand auf zwei ökologisch (siebenfeldrige Fruchtfolge; 2013 Winterweizen und Wintergerste) und zwei integriert (vierfeldrige Fruchtfolge; 2013 Winterweizen und Mais) bewirtschafteten Äckern statt. Diese wurden 2009 jeweils mit drei 8,25 m breiten Gehölzstreifen bepflanzt. Die erste Ernte fand im Winter 2013 statt. Für die Untersuchung wurden einfache Heterodyndetektoren (CSE-Batdetektor) und ein standardisiertes Protokoll, mit dem die Fledermausaktivität während 20 Minuten auf Grundlage von präsenz / absence innerhalb von 15 Sekundenintervallen erfasst wird, verwendet. Die Aufnahmen fanden 2013 zu 10 Terminen statt. Zur Validierung wurde eine detaillierte Fledermauserfassung mit einem automatisierten Aufnahme- und Auswertesystem (ecoobs batcorder 3.0) gegenübergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die hier vorgestellte Methode (ca. 80,- € Detektor; ca.30 min. Bearbeitungszeit / Probenahme) ist kostengünstiger als die detaillierte Erfassung (ca. 2850,- € Detektor; ca. 980,- Software (Mac); ca 45 min / Probenahme (ohne Artbestimmung)). Auch die nötigen Fachkenntnisse für die vereinfachte Methode sind geringer. Die in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass mit dem vereinfachten Verfahren die relative Fledermausaktivität zu Bewertungs- und Monitoringzwecken erfasst werden kann. Für die genaue Bestimmung der Aktivität sowie die Erfassung und den Vergleich von Artenvorkommen ist das umfangreichere Verfahren besser geeignet. Auf Grund der Ergebnisse könne Agroforstsysteme als Naturschutz- bzw. Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme in Agrarlandschaften empfohlen werden.

Tabelle 1: Fledermausaktivität in drei untersuchten Habitaten. Methoden liefern gleiche relative Rangfolge aber unterschiedliche absolute Werte.

| | | Gras- u. Krautstreifen | Agroforst Sytem | Baum- u. Strauchreihe | Summe |
|---------------|--|------------------------|-----------------|-----------------------|-------|
| CSE-Detektor | Anzahl Kontakte [15 s Intervalle mit Rufaktivität] | 28 | 109 | 139 | 276 |
| | relativ | 10% | 39% | 50% | 100% |
| batcorder 3.0 | Summe gemessene Rufdauer [s] | 5 | 32 | 160 | 197 |
| | relativ | 3% | 16% | 81% | 100% |

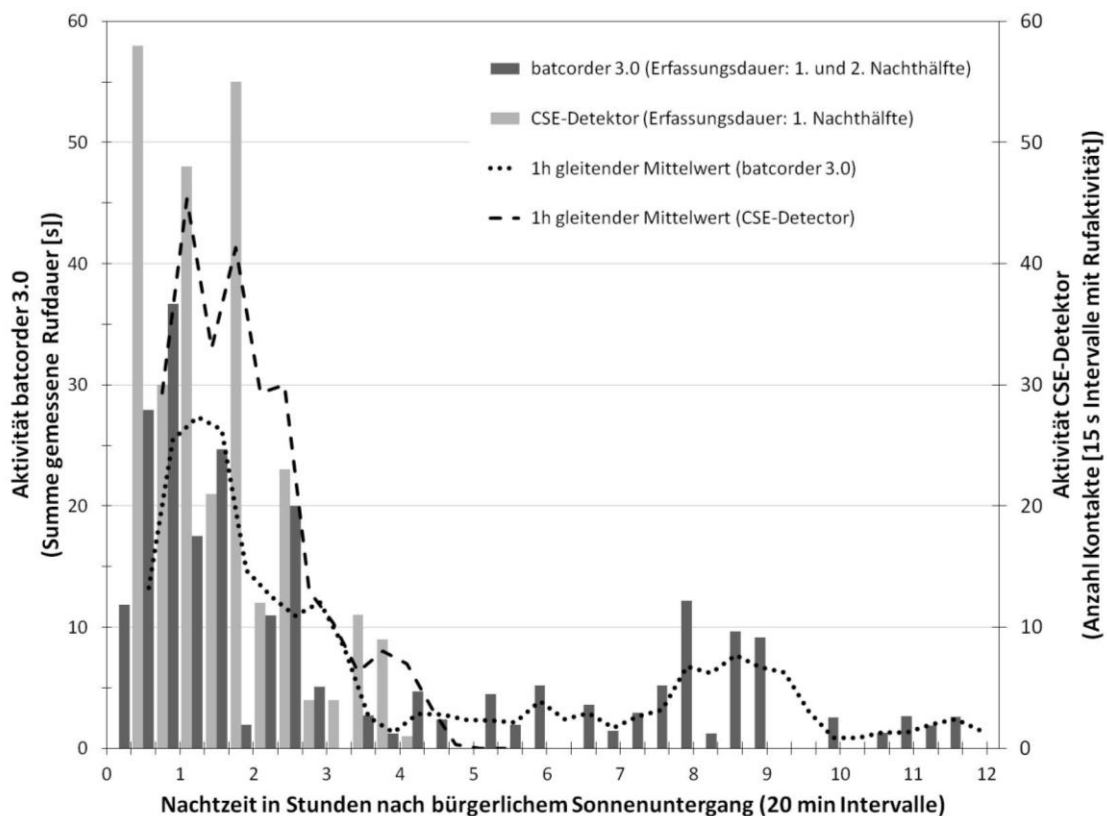


Abbildung 1: Fledermausaktivität im Nachtverlauf. Methoden liefern gleiche Aktivitätsmuster aber unterschiedliche absolute Werte.

Literatur

Glemnitz, Michael; Platen, R.; Krechel, R.; Konrad, J.; Wagner, F. (2013): Can short-rotation coppice strips compensate structural deficits in agrarian landscapes? In: Nigel D. Boatman, Mike Green, Jon Marshall, Kees Musters, Will Peach, Steve Peel et al. (Hg.): Environmental Management on Farmland (Aspects of Applied Biology), Bd. 118. 23. - 25. April 2013, Association of Applied Biologists, Brigg. S. 153–161.

Jones, G.; Jacobs D. S.; Kunz T. H.; Willig M. R. and Racey P. A. (2009): Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research* 8: 93–115.

Kaliumversorgung von Silomais auf leichten Standorten überdenken?

Herrmann A.¹, Schröder F.¹, Kluß C.¹, Lausen P.², Techow E.², Feger G.³, Taube F.¹

¹Grünland und Futterbau/Ökol. Landbau, CAU Kiel, Kiel; ²Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Rendsburg, ³Kali+Salz GmbH, Kassel. E-Mail: aherrmann@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Eine an den Bedarf von Silomais angepasste Versorgung mit Grundnährstoffen ist Voraussetzung für die Erzielung hoher Ertragsleistungen. In den letzten Jahren hat die Grundnährstoffversorgung jedoch offensichtlich etwas an Bedeutung verloren. Ergebnisse eines Monitorings der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein belegen eine Verschlechterung der K-Versorgung insbesondere auf leichten Ackerstandorten über die letzten Jahre. Dies ist zum einen zurückzuführen auf den verringerten Einsatz mineralischer K-Dünger, zum anderen auf rückläufige K-Gehalte von Rindergülle. Ziel dieser Studie war es daher (i) die Ertragswirksamkeit der K-Versorgung im Silomaisanbau auf leichten Standorten zu untersuchen und (ii) zu prüfen, ob ein kritischer K-Gehalt zur Siloreife als Indikator des K-Status abgeleitet werden kann.

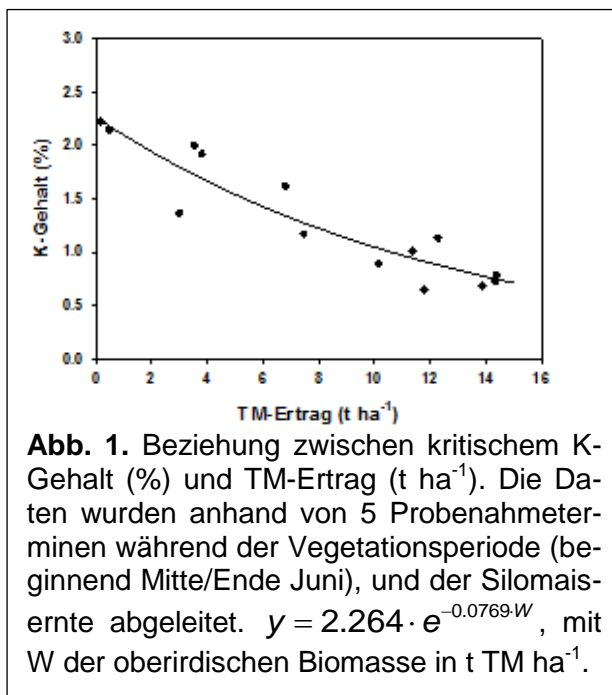
Material und Methoden

Die Untersuchung basiert auf einem Feldversuch, der 2007 in Form einer einfaktoriellen Blockanlage mit 4 Wiederholungen am Standort Schuby, Geest, angelegt wurde. Die K-Versorgung von Silomais (Salgado, S200/K230) wurde in 4 Stufen (0, 100, 200, 300 kg K₂O ha⁻¹ als KCl) variiert und vor der Maisaussaat ausgebracht. Die N-Düngung erfolgte einheitlich (40 kg Unterfuss, 100 kg N ha⁻¹ 1-2 Wochen nach Saat, mineralisch). Die P-Versorgung (95 kg P₂O₅ ha⁻¹) wurde in 2 Teilgaben als Tripelphosphat appliziert. Die Bodenbearbeitung wurde konventionell mit Pflug und Packer durchgeführt. Die TM-Akkumulation wurde über 5 manuelle Beprobungen in der Vegetationsperiode und eine maschinelle Beerntung zur Siloreife erfasst. Die Analyse des K-Gehaltes des Maises erfolgte flammenphotometrisch (763 nm), die Ergebnisse zu Futterqualitätsparameter beruhen auf NIRS-Schätzungen. In die statistische Auswertung einbezogen wurden die Versuchsjahre 2010 bis 2012. Der Einfluss der Faktoren K-Versorgung, Erntetermin und Jahr auf Ertrag und Futterqualitätsparameter wurde mittels Varianzanalyse (Statistik-Software R) geprüft, wobei der Block als zufälliger Faktor betrachtet und die Korrelationsstruktur, bedingt durch die Erntetermine, berücksichtigt wurde. Mittelwertvergleiche wurden mittels multipler Kontrasttests durchgeführt. Der kritische K-Gehalt wurde nach Herrmann und Taube (2004) abgeleitet, unter Verwendung einer e-Funktion zur Quantifizierung der Beziehung zwischen TM-Ertrag und kritischem K-Gehalt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung belegen einen deutlichen ertragssteigernden Effekt der K-Düngung. Im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle wurden zur Siloreife Ertragssteigerungen von bis zu 91% bzw. 68 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2012 erzielt. Zwischen den gedüngten Varianten eines Jahres wurden jedoch keine statistisch abgesicherten Ertragsunterschiede gefunden, d.h. mit einer K-Düngung von 100 kg K₂O ha⁻¹ wurde bereits der Maximalertrag erzielt. Daraus kann allerdings nicht geschlossen werden, dass eine K-Düngung in Höhe von 100 kg K₂O ha⁻¹ langfristig aus-

reichend ist. Das gleiche Bild wie für den TM-Ertrag zeigte sich für die Energiekonzentration (MJ NEL/kg TM) und den Energieertrag (GJ NEL ha⁻¹). Die K-Entzüge wurden deutlich durch die Jahreswitterung beeinflusst und variierten zwischen 49 kg K₂O ha⁻¹ (2012) in der ungedüngten Variante und 222 kg K₂O ha⁻¹ (2011) in der höchsten K-Stufe. Mit einer K-Düngung von 100 kg K₂O ha⁻¹ stieg der K-Entzug im Vergleich zur Kontrolle an, eine weitere Steigerung der K-Versorgung führte jedoch, mit Ausnahme des Jahres 2011, zu keinem statistisch gesicherten Anstieg des K-Entzugs. Die K-Bilanz nahm erwartungsgemäß mit steigender K-Düngung zu. Eine ausgeglichene K-Bilanz stellte sich im Mittel der Jahre bei einer K-Düngung zwischen 100 und 200 kg K₂O ha⁻¹ ein. Versuchsbegleitend wurden in regelmäßigen Abständen Bodenproben zur Untersuchung der Grundnährstoffversorgung entnommen. Zu Versuchsbeginn (2007) befanden sich alle Varianten in der Gehaltsklasse A (3 mg K₂O (100 g)⁻¹ Boden). In der ungedüngten und der 100 kg K₂O-Variante veränderten sich die Gehalte über den Versuchszeitraum nur wenig, so dass die Parzellen auch im Herbst 2012 noch Gehaltsklasse A aufwiesen. In den Varianten mit 200 bzw. 300 kg K₂O-Düngung stiegen die K-Gehalte leicht an und befanden sich im Herbst 2012 in Gehaltsklasse C (11 mg K₂O (100 g)⁻¹ Boden). Auf leichten, sandigen Standorten der Geest scheint daher eine Aufdüngung in Gehaltsklasse C für die Ausschöpfung des Ertragspotentials von Silomais nicht erforderlich zu sein.



Aus den Zuwachsbeprobungen wurde der „Kritische K-Gehalt“ abgeleitet, d.h. der minimale K-Gehalt, der für die Erzielung des Maximalertrages erforderlich ist. Dieser kritische K-Gehalt sinkt im Verlauf der Vegetationsperiode, d.h. mit zunehmendem Ertrag, ab. In Abbildung 1 ist der zum jeweiligen Messtermin mindestens erforderliche K-Gehalt der Einzelpflanze dargestellt. Dieser Gehalt bezieht sich auf die Gesamtpflanze und ist daher nicht mit den Ertragsgrenzwerten nach Breuer et al. (2003) vergleichbar, da diese sich auf die jeweils stadienspezifisch aktivste Blattetage beziehen. Erreicht man also zur Siloreife einen TM-Ertrag von 13 t ha⁻¹, ist bei einem K-Gehalt von 0.83% in der Trockenmasse von einer ausreichenden K-Versorgung auszugehen.

Der kritische K-Gehalt kann künftig ein geeignetes Instrument zur Kontrolle der erfolgten K-Düngung darstellen und sollte durch weitere Versuche auf anderen Standorten und mit einem größeren Sortenspektrum für die Düngungsberatung abgesichert werden

Literatur

- Herrmann, A. und Taube, F. (2004): The range of the critical nitrogen dilution curve for maize (*Zea mays* L.) can be extended until silage maturity. *Agronomy Journal* 96, 1131-1138.
- Breuer, J. et al. (2003): Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. Anwendung in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau. Agrimedia.

Ausbringungstechnik flüssiger organischer Dünger in Zuckerrüben

Amelie Oberländer, Kerrin Trimpler und Nicol Stockfisch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; E-Mail: oberlaender@ifz-goettingen.de

Einleitung

Die Ausbringung von organischen Düngern auf landwirtschaftlichen Flächen trägt zu einem großen Teil der Geruchs-, Ammoniak- und Lachgasemissionen bei. Diese Freisetzungen werden unter anderem durch die Ausbringungstechnik beeinflusst. Ein Großteil der N-Verluste kann durch die Nutzung bodennaher Ausbringungstechnik wie Schleppschauch- und Injektionsverfahren reduziert werden (Leick, 2003).

Zielsetzung dieser Untersuchung ist es, den aktuellen Stand der eingesetzten Technik für die Ausbringung flüssiger organischer Dünger im Zuckerrübenanbau und dessen Entwicklung darzustellen und eventuelle regionale Unterschiede zu identifizieren.

Material und Methoden

Im Rahmen einer bundesweiten Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau (Stockfisch et al., 2013) wurde die Ausbringungstechnik organischer Dünger in den Jahre 2010 bis 2012 erfragt und Daten von 571 Betrieben untersucht. Die Ausbringungsverfahren wurden in die Gruppen Prallteller, Schleppschauch und Injektion eingeteilt. Die Ergebnisse wurden mit denen einer Betriebsbefragung aus dem Jahr 2004 verglichen (Stockfisch et al., 2008). Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe der Statistik-Software SAS 9.3.

Ergebnisse und Diskussion

Von 2010 bis 2012 zeigten sich kaum Veränderungen in der Nutzung verschiedener Ausbringungstechniken (Tab.1). Im Mittel aller Jahre werden Schleppschauchverfahren und Prallteller mit 42,9 % und 39,8 % bundesweit ähnlich häufig eingesetzt. Injektionsverfahren machen nur 12,4 % der Ausbringung flüssiger organischer Dünger aus.

Tab.1: Ausbringungsverfahren flüssiger organischer Dünger im Zuckerrübenanbau

| | 2004 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--|-------------------|------|------|------|
| Anzahl befragter Betriebe | 109 | 393 | 395 | 398 |
| Anteil Betriebe mit Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger (%) | 23,9 | 32,6 | 33,9 | 37,2 |
| davon: Prallteller (%) | 46,2 | 33,6 | 49,3 | 36,5 |
| Schleppschauch (%) | 53,8 ¹ | 42,2 | 35,8 | 50,0 |
| Injektion (%) | | 14,1 | 9,7 | 13,5 |
| Sonstige (%) | | 10,2 | 5,2 | |

¹Zusammenfassung Schleppschauch- und Injektionsverfahren zu bodennaher Ausbringungstechnik

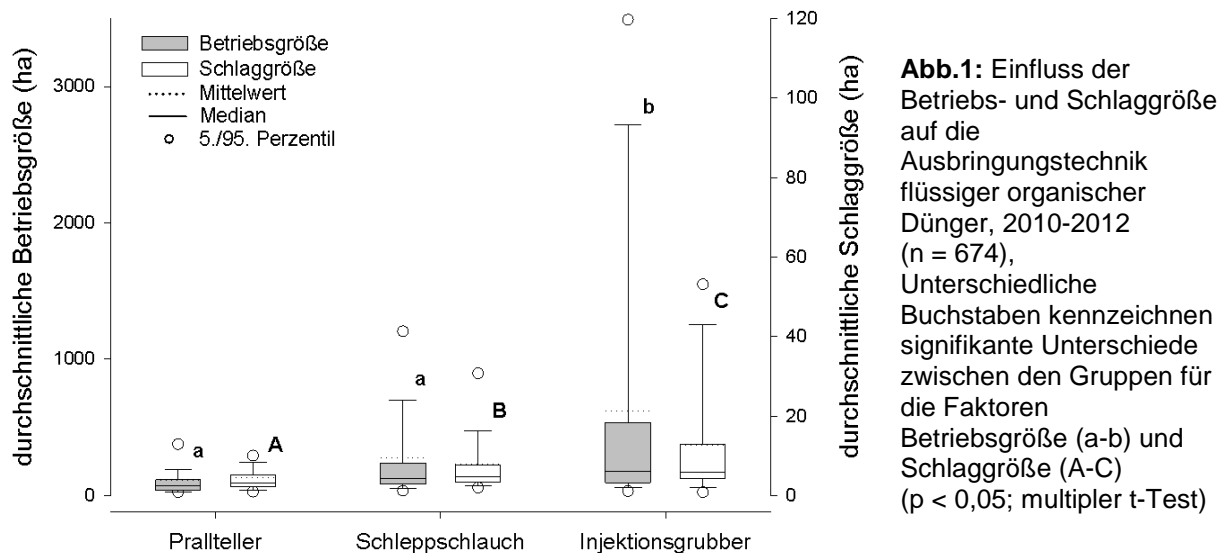
Im Vergleich zu der Datenerhebung des Jahres 2004 ist ein Rückgang um 6,4 % in der Pralltellernutzung zu beobachten. Anscheinend führen die verursachten N-Verluste und die Novelle der Düngeverordnung bislang zu wenig Investitionen in neue Technik.

Die Betrachtung regionaler Unterschiede erfolgte über den Mittelwert aller drei Jahre. Zwischen den Regionen Nord (n=108), Ost (n=46), Süd (n=175) und West (n=81) zeigten sich große Unterschiede im Einsatz organischer Dünger und ihrer

Ausbringung. Die Anwendungshäufigkeit des Pralltellers war in der Region Süd mit 58,9 % besonders hoch und lag damit deutlich über dem bundesweiten Mittel. In der Region Ost betrug der Anteil des Pralltellers dagegen nur 8,7 %. Dort wurde das Injektionsverfahren im Vergleich zu den anderen Regionen mit 37,0 % am häufigsten eingesetzt.

Die Unterschiede zwischen den Regionen können strukturell bedingt sein. Im Süden Deutschlands gibt es viele kleine Betriebe (Zuckerrübenanbaufläche < 10 ha), während im Osten viele große Betriebe vertreten sind (Stockfisch et al., 2013). Die Region Ost unterscheidet sich auf Ebene der Betriebs- und der Schlaggröße signifikant von den anderen Regionen. Die Regionen West und Süd zeigen für beide Parameter keine signifikanten Unterschiede.

Die Gruppen der Ausbringungsverfahren unterscheiden sich signifikant in ihrer Betriebs- und Schlaggröße. Der multiple Mittelwertvergleich über die Schlaggröße zeigt signifikante Unterschiede aller Ausbringungstechniken (Abb.1). Auf Ebene der Betriebsgröße ist ein signifikanter Unterschied zwischen dem Einsatz des Injektionsgrubbers und den Techniken Prallteller und Schleppschauch erkennbar, nicht aber zwischen diesen Techniken.



Eine Ursache für den Einfluss der Schlag- bzw. Betriebsgröße auf die Technikwahl sind wahrscheinlich die mit dem Einsatz bodennaher Ausbringungstechnik verbundenen Mehrkosten (Anonym, 2011). Höherer Arbeitszeitbedarf und höhere Maschinenkosten lassen sich nur auf großen Schlägen und durch möglichst hohe Auslastung kompensieren, sodass der Einsatz dieser Technik in kleinstrukturierten Regionen derzeit wirtschaftlich schwer realisierbar ist.

Literatur

- Anonym (2011): Bayerisches Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) Art. 36 a) iv) in Verbindung mit Art. 39 VO (EG) Nr. 1698/2005. 7. Änderungsantrag. Kapitel 5.3.2.1.4, 457-459
- Leick, B. (2003): Emissionen von Ammoniak und Lachgas von landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. Dissertation. Universität Hohenheim. 16-84
- Stockfisch, N., Deumelandt, P., Fuchs, J., Reineke, H., Starcke, J.U., Märländer, B. (2008): Verbundprojekt Umweltwirkungen im Zuckerrübenanbau: Aufgaben und Ziele. Sugar Industry. 133, 573-579.
- Stockfisch, N., Gallasch, M., Reineke, H., Trimpler, K., Mielke, C., Reiners, M., Risser, P., Schmitz, K., Märländer, B. (2013): Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten. Sugar Industry. 138, 656-663

Verringerung von Stickstoffausträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Zuge der Anwendung des Gülle-Strip-Till-Verfahrens

Denise Bednorz¹, Nadine Tauchnitz², Joachim Bischoff², Matthias Schrödter², Jan Rücknagel¹, Barbara Koblenz¹, Ralph Meissner³ und Olaf Christen¹

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg/ Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökol. Landbau, Halle; ²Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Bernburg; ³UFZ/ Dep. Bodenphysik, Altmärkische Wische. E-Mail: denise.bednorz@landw.uni-halle.de

Einleitung

Die landwirtschaftliche Bodennutzung trägt infolge der Anwendung von stickstoffhaltigen Düngern und in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Wesentlichen zu diffusen Stickstoffeinträgen in die Gewässer bei. Dabei stellen Dränagen eine der Hauptquellen diffuser N-Einträge dar. Insofern besteht die Notwendigkeit die landwirtschaftliche Bewirtschaftung so zu gestalten, dass N-Verluste durch die Steigerung der N-Effizienz reduziert werden. Die Anwendung des Gülle-Strip-Till-Verfahrens, welches die reduzierte Bodenbearbeitung und die Gülle-Injektion kombiniert, steht dabei im Fokus des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsvorhabens. Dessen Potenzial einer umweltgerechten Bewirtschaftungsform wird innerhalb eines Praxisversuches in der nördlichen Altmark (Sachsen-Anhalt) und analog dazu angelegten Lysimeteruntersuchungen überprüft. Die gewonnenen Ergebnisse sowie anschließende Modellierungen zum Bodenwasserhaushalt und zur Stickstoffkinetik erlauben eine ergebnisoffene Bewertung des Verfahrens unter Einbeziehung limitierender Randbedingungen.

Material und Methoden

Der Praxisversuch wurde Anfang März 2014 angelegt. Dabei werden, getrennt für zwei differenzierte Bewirtschaftungssysteme mit Maisfruchtfolge (Schlag I: konventionelle Bewirtschaftung, Schlag II: Bewirtschaftung mittels Gülle-Strip-Till) sowohl die Nitratausträge aus den Dränabflüssen als auch die Kennwerte zur Bestimmung der N-Bilanzen kontinuierlich erfasst.

Die Anlage der Lysimeterversuche erfolgte analog zum Praxisversuch an der nur 20 km entfernten Versuchsstation des Helmholtzzentrums für Umweltforschung in der Altmärkischen Wische. Eine regelmäßige Beprobung der anfallenden Sickerwässer erlaubt auch hier eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Bewirtschaftungsformen.

Durch die Errichtung von bodenhydrologischen Messplätzen auf den Praxisschlägen wird eine tiefenspezifische und kontinuierliche Erfassung des Bodenfeuchteverlaufs und der N-Konzentration in der Bodenlösung gewährleistet. Detaillierte bodenkundliche Untersuchungen an diesen Bereichen und anschließende Analyseergebnisse zeigten außerdem einen vergleichbaren Aufbau der Schläge zu den Lysimetern. Somit können beide Versuchsanlagen integriert bewertet und modelliert werden.

Die Wasserhaushalts- und Stofftransportmodellierungen erfolgten zunächst für die Lysimeter und anschließend für die Detailbereiche an den bodenhydrologischen Messplätzen als sog. virtuelle Lysimeter.

Sowohl die Simulationen zum Wasserhaushalt als auch zur Stickstoffkinetik wurden mit HYDRUS 3D Professional (Firma: PC Progress) durchgeführt. Die zur Wasserhaushaltsmodellierung benötigten Daten, wie Meteorologie oder Entwicklungsstadien der Pflanzen, standen zur Verfügung.

Aufbauend auf diesen Modellen konnte die Stickstoffkinetik simuliert werden. Dahingehend wurden neben der Mineralisierung sowohl Nitrifikation als auch Denitrifikation mit Hilfe von Zerfallsraten rechnerisch nachvollzogen (Ramos et al., 2012). Der im März 2014 applizierte Dünger wurde als Stickstoff-Haupteintragsquelle in die Transportmodellierung implementiert. Die Modellkalibrierung konnte mithilfe der realen N-Konzentrationen in den Sickerwässern und Dränabflüssen durchgeführt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der bis dato durchgeführten Modellierungen zeigen eine hohe Übereinstimmung zu den realen Messwerten. Dies verdeutlicht die beispielhafte Gegenüberstellung der berechneten (predicted) und der realen (observed) Abflussmengen des Schlags I in Abb.1. Der Korrelationskoeffizient zwischen den Datenreihen beträgt 0,9.

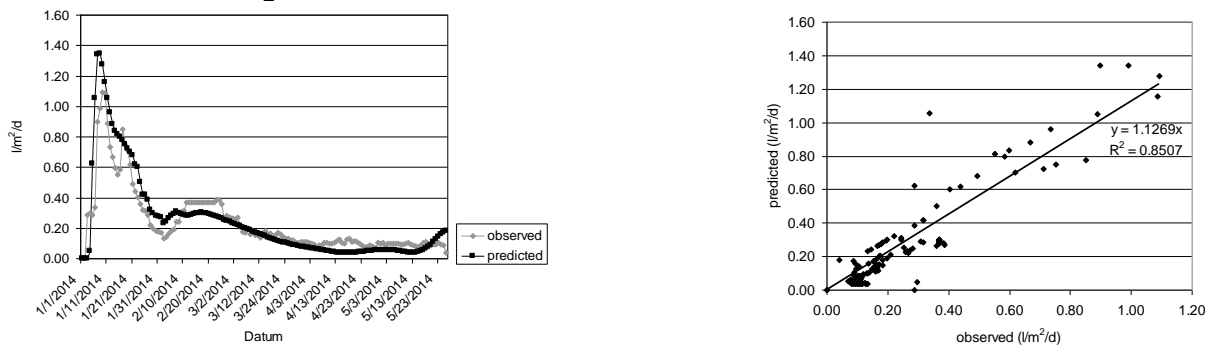


Abb. 1: Gegenüberstellung der realen und modellierten Dränageabflussmengen am Schlag I (links) mit predicted-observed-Korrelation (rechts).

Im Folgenden werden die daraus ermittelten Erkenntnisse zur dreidimensionalen Modellierung der beiden Versuchsschläge verwendet.

Weitere wichtige Eingangsgrößen, wie der Einfluss der Bewirtschaftungsform auf den Pflanzenertrag sowie die zu erwartenden erhöhten N-Austräge nach der Maisabfuhr, können erst in den kommenden Monaten erhoben werden.

Durch die Modellierung der Stickstoffkinetik ist es möglich Szenarien unter Variation von Bodenart oder Implementation von meteorologischen Ereignissen zu berechnen. Dies erlaubt die Ermittlung limitierender Randbedingungen zur ergebnisoffenen Bewertung des Gülle-Strip-Till-Verfahrens.

Literatur

Ramos, T.B.; Simunek, J.; Goncalves, M.C.; Martins, J.C.; Prazeres, A.; Pereira, L.S. (2012): Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. *Agricultural Water Management* 111: 87-104.

Die Kalkung von Lössböden erhöht wasserlösliches und EUF-extrahierbares P

Holger Lemme¹, Dietmar Horn² und Heinz-Josef Koch¹

¹Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; ²EUF-Arbeitsgemeinschaft, Ochsenfurt.
E-Mail: *koch@ifz-goettingen.de*

Einleitung

In Europa werden Zuckerrüben häufig auf Lössböden angebaut, die einen $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ von 6,5-7,0 sowie, trotz des neutralen pH, einen geringen Ca-Gehalt aufweisen. Eine Kalkdüngung kann den pH auf solchen Böden über den Bereich maximaler P-Verfügbarkeit (pH 6-7) anheben, was vermutlich durch die Bildung von nicht-pflanzenverfügbaren Ca-Phosphaten verursacht wird (Haynes 1982, Barrow 1984). Arbeitshypothese war, dass eine Kalkdüngung die P-Verfügbarkeit senkt und die EUF-Analysenmethode diesen Effekt quantifizieren kann.

Material und Methoden

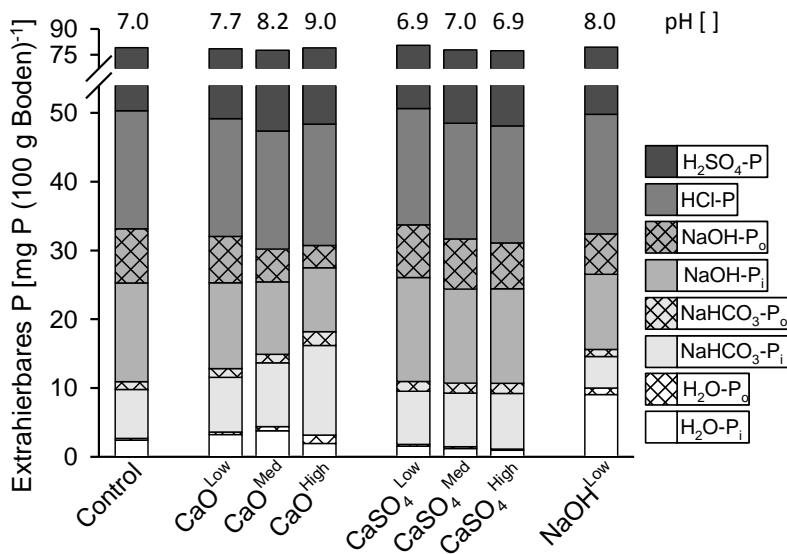
Brantkalk und Gips wurden in drei Dosierungen (äquivalent 4, 12, 24 CaO t/ha) zu drei Lössböden (Krume; 14, 19, 25 % Ton) mit einem Ausgangs- $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ von 6,7 - 7,1 und geringem Ca-Gehalt zugegeben. Neben einer unbehandelten Kontrolle wurde in einer weiteren Variante NaOH zugesetzt, jedoch nur in niedriger Dosis (Dosierungen mit identischen Mengen an Ca^{2+} bzw. OH^-). Die Böden wurden über vier bzw. acht Wochen inkubiert (12 °C, 40 % max. Wasserkapazität). Nachfolgend wurden sie parallel mit verschiedenen Extraktionsmitteln nach Hedley et al. (1982) extrahiert, mittels EUF analysiert und in Gefäßversuchen mit Zuckerrüben verwendet. Der Aufwuchs wurde nach acht Wochen Vegetationsdauer geerntet, der P-Gehalt bestimmt und die P-Aufnahme berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Applikation von Brantkalk in niedriger und mittlerer Dosis sowie NaOH erhöhte wasserlösliches anorganisches P ($\text{H}_2\text{O-P}_i$) und EUF-P signifikant (Abb. 1). Darüber hinaus erhöhte die Kalkung anorganisches Bikarbonat lösliches P ($\text{NaHCO}_3\text{-P}_i$) beträchtlich. Der Anstieg des labilen P ($\text{H}_2\text{O-P}_i + \text{NaHCO}_3\text{-P}_i$) korrespondierte quantitativ mit einer Abnahme an NaOH-löslichem P, welches die Fraktion des Fe/Al-gebundenen bzw. -adsorbierten P charakterisiert. Schwer lösliche Ca-P-Verbindungen, die mittels HCl extrahiert wurden, nahmen nicht zu, weder infolge der Ca-Zufuhr durch Gips, noch durch die pH-Erhöhung (Variante NaOH), noch durch die Kombination beider Effekte (Variante Brantkalk). Eine Zufuhr von Ca scheint jedoch zu einer Zunahme von Ca-assoziiertem P zu führen (Barrow 1984), welches pflanzenverfügbar ist und mittels $\text{NaHCO}_3\text{-P}_i$ erfasst werden kann.

Es bestand eine enge positive Beziehung zwischen dem P der ersten EUF-Fraktion und $\text{H}_2\text{O-P}_i$ (Abb. 2). Darüber hinaus war die P-Aufnahme der Zuckerrüben eng mit dem labilen P (Abb. 3), jedoch weniger eng mit EUF-P (beide Fraktionen) korreliert.

Die Kalkung von Lössböden mit geringem Ca-Gehalt und neutralem pH führt offensichtlich zu einer Mobilisierung von Fe/Al-assoziiertem P, das in labiles, d. h. pflanzenverfügbares P überführt wird. Die EUF-Methode bedarf weiterer Verbesserungen hinsichtlich der Erfassung von pflanzenverfügbarem P, welches mit Ca assoziiert ist.

**Abb. 1:**

Einfluss verschiedener Zuschlagstoffe auf den pH-Wert und sequenziell extrahierte P-Fractionen des Bodens ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaHCO}_3\text{-P} = \text{labiles P}$; $\text{NaOH-P} = \text{Fe/Al-P}$; $\text{HCl-P} = \text{schwer lösliches Ca-P}$; $\text{P}_i = \text{anorganisches P}$, $\text{P}_o = \text{organisches P}$), Mittel von 3 Lössböden

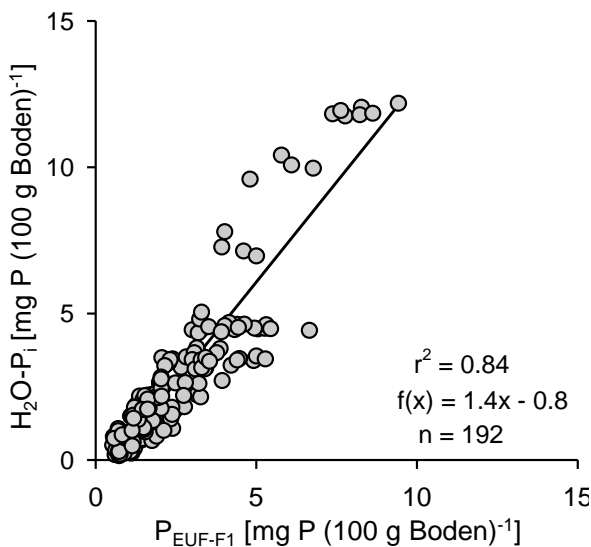


Abb. 2: Korrelation zwischen EUF-extrahierbarem P (1. Fraktion, $\text{P}_{\text{EUF-F1}}$) und wasserlöslichem anorganischem P ($\text{H}_2\text{O-P}_i$) in 3 Lössböden

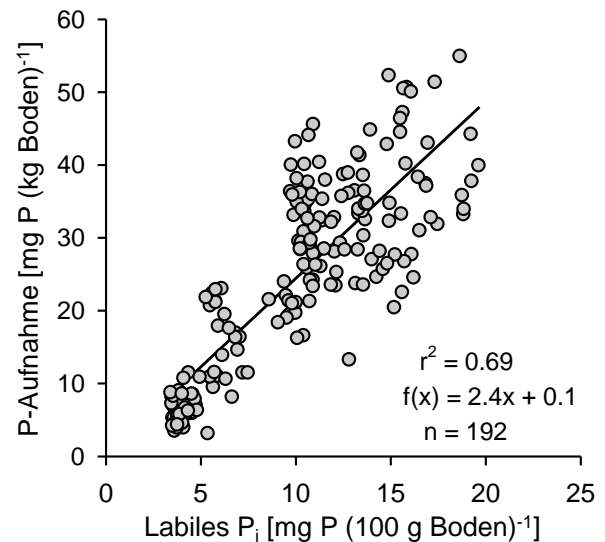


Abb. 3: Korrelation zwischen labilem anorganischem P ($\text{H}_2\text{O-P}_i + \text{NaHCO}_3\text{-P}_i$) und der P-Aufnahme von 8 Wochen alten Zuckerrübenpflanzen, 3 Böden

Literatur

- Barrow, N. J., 1984. Modeling the effects of pH on phosphate sorption by soils. *J. Soil Sci.* 35, 283–297.
- Haynes, R. J., 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant Soil* 68, 289–308.
- Hedley, M. J., et al., 1982. Changes in Inorganic and Organic Soil Phosphorus Fractions Induced by Cultivation Practices and by Laboratory Incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 970–976.

Der Einsatz von Kleegrasmulch als Dünger im ökologischen Kartoffelanbau: Effekte auf Krautfäule und Knollenerträge

Sebastian Grabendorfer

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan. E-Mail: sebastian.grabendorfer@tum.de

Einleitung

In ökologischen Marktfruchtbetrieben ohne Tierhaltung oder Biogasanlage ist eine Schnittnutzung und Ernte des Kleegrases in der Fruchtfolge in der Regel nicht gegeben. Das Klee gras wird gemulcht und verbleibt auf der Fläche, verbunden mit einer potenziell verringerten Ertrags- und Stickstofffixierleistung. Gleichzeitig steigt durch eine zunehmende Intensivierung des ökologischen Ackerbaus der Bedarf an organischen Handelsdüngern. Als ein möglicher Lösungsansatz wird aktuell die Ernte des Klee gras aufwuchses und Ausbringung als Dünger in gehäckselter Form als Klee grasmulch zu Kulturen mit erhöhtem Nährstoffbedarf, beispielsweise Kartoffeln, in der Praxis diskutiert (Weller, 2011). Ein Verfahren das bereits früher in ähnlicher Form auch bei anderen Kulturen im ökologischen Landbau getestet wurde (Otto, 1991; Schulz-Marquardt et al., 1995). Da nur wenige Versuchsergebnisse bezüglich der Ausbringung von Klee grasmulch bei Kartoffeln in der Literatur existieren, wurden Feldversuche zur Überprüfung der Eignung von Klee grasmulch als Dünger im ökologischen Kartoffelanbau durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse hinsichtlich der Wirkungen auf Knollenerträge und Krautfäule vorgestellt.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 und 2013 wurden auf einem ökologischen Kartoffelbaubetrieb drei Feldversuche als einfaktorielle randomisierte Blockanlagen mit vier Wiederholungen angelegt: Im Jahr 2012 zwei benachbarte Versuchsanlagen mit den Kartoffelsorten Agria und Ditta, im Jahr 2013 eine Versuchsanlage mit der Kartoffelsorte Agria. An beiden Versuchsstandorten im Raum Ingolstadt (mittlere Jahrestemperatur 9,0 °C, mittlerer Jahresniederschlag 681 mm, schluffiger Lehm, Ackerzahlen 51 und 47) wurden die Kartoffeln am 14.04.2012 mit 42300 Knollen ha⁻¹ bzw. am 26.04.2013 mit 38100 Knollen ha⁻¹ gepflanzt und nach dem Fräsen der Kartoffeldämme entweder kein Mulch bei der Kontrolle oder 38 t FM ha⁻¹ Klee grasmulch am 15.05.2012 bzw. 15.06.2013 ausgebracht. Die Kernparzellen wurden am 06.09.2012 bzw. am 28.09.2013 geerntet und die Knollenfrischmasseeerträge bestimmt. Im Jahr 2013 wurde zusätzlich die Entwicklung von *Phytophthora infestans* regelmäßig bonitiert und daraus die AUDPC (area under disease progress curve) errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

In Folge unterschiedlicher Trockenmasse- und Nährstoffgehalte entsprach die ausgebrachte Menge an Klee grasmulch umgerechnet 150 kg N ha⁻¹ im Jahr 2012 und 300 kg N ha⁻¹ im Jahr 2013. Ein signifikant positiver Effekt der Düngung mit Klee grasmulch auf die Knollenerträge konnte in keinem der drei Feldversuche nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 1). Im Jahr 2012 verursachte die Düngung mit Klee grasmulch bei der Sorte Agria signifikant geringere Knollenerträge im Vergleich zur Kontrolle. Den zeitlichen Verlauf des Blattbefalls mit *P. infestans* im Jahr 2013 bei

der Sorte Agria zeigt Abbildung 2. Die Düngung mit Klee-grasmulch hatte keinen signifikanten Effekt auf den Krautfäulebefall (AUDPC).

Der in Form von Klee-grasmulch ausgebrachte Stickstoff konnte von den Kartoffeln in keinem Fall zur Ertragsbildung genutzt werden. Möglicherweise könnte durch die Einarbeitung des Klee-grasmulches eine bessere Nährstoffverfügbarkeit erreicht werden. Stumm und Köpke (2014) stellten jedoch bei Feldversuchen mit und ohne Einarbeitung keine ertragsfördernde Wirkung von Klee-grasmulch auf Kartoffeln fest. Eine hemmende Wirkung auf den Befall mit *P. infestans* wie beispielsweise von Otto (1991) vermutet, konnte ebenfalls nicht beobachtet werden, allerdings stehen hierfür nur einjährige Daten zur Verfügung.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen keine positiven Effekte einer Düngung mit Klee-grasmulch auf Knollenerträge und Krautfäule. Für eine abschließende Bewertung der Nutzung von Klee-grasmulch als Dünger scheint eine umfassende Gesamtbetrachtung inklusive der potenziell positiven Effekte einer Schnittnutzung auf das Klee-gras notwendig.

Danksagung

Vielen Dank an Herrn Schmidl, Herrn Grabendorfer und allen Helfern für die Mitarbeit bei den Feldversuchen.

Literatur

Otto, F. (1991): Mit Köpfchen und Technik gegen Kraut- und Knollenfäule. Bio-land 04/1991. S. 20-21.

Schulz-Marquardt, J., Weber, M. & Köpke, U. (1995): Streifenanbau von Sommerweizen mit Futterleguminosen – Nutzung von Grünbrachemulch zur Steigerung der Backqualität von Sommerweizen im Organischen Landbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Band 8. S. 57-60.

Stumm, C. & Köpke, U. (2014): Klee-grasnutzung im viehlosen Acker- und Gemüsebau. Vortrag Naturland Ackerbautagung 2014. Würzburg. 22.01.2014.

Weller, S. (2011): Gründüngung einmal anders. Bioland 02/2011. S. 16-17.

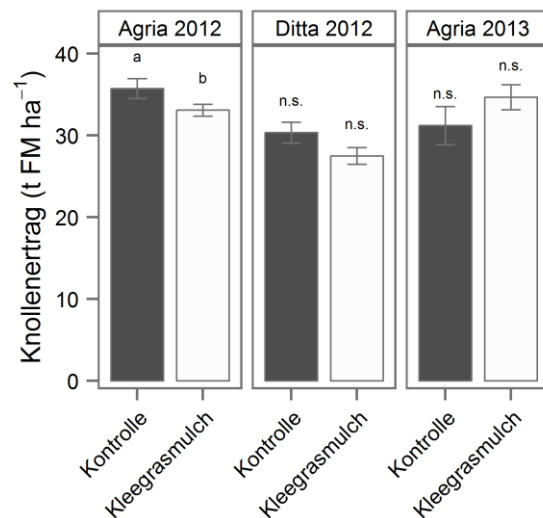


Abb. 1: Knollenerträge nach Düngung mit Klee-grasmulch, Mittelwerte, Fehlerindikator: Standardfehler, Tukey's HSD ($p < 0,05$), ab: signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

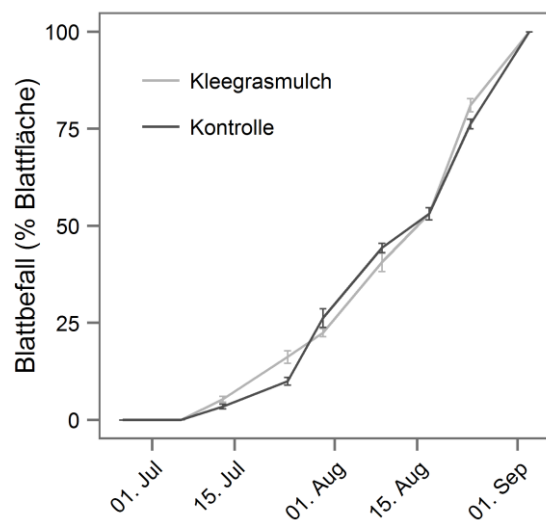


Abb. 2: *P. infestans* Blattbefall nach Düngung mit Klee-grasmulch, Mittelwerte, Fehlerindikator: Standardfehler

Effect of different mineral and organic fertilization on soil parameters and seed yield formation of winter wheat in a long term field experiment

Aitak Sadeghi and Bernd Honermeier

Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Justus Liebig University Gießen,
E-Mail: Aitak.Sadeghi@agr.uni-giessen.de

Introduction

Fertilization is the most predominant yield-forming factor, and one of the key indicators of agricultural production intensity and efficiency. Because of the growing demand for agricultural products fertilizer use will be enhanced in the coming years (Zalewski 2009). Among organic sources farm yard manure plays a significant role in soil structure and plant performance since it includes nutrients needed for plant growth (Achieng et al. 2010). In addition, it improves the properties of the soil due to the activation of biomass for soil microbes. The objective of this research is to investigate effect of long-term different fertilization systems on selected soil parameters as well as on the seed yield and yield formation of winter wheat.

Material and Methods

The Giessen exhaustion field experiment is running since 1954 as a long term field trial on heavy clay soil. For the crop rotation the following crops are used: sugar beet, winter wheat and summer barley. In 2013 the trial was cultivated by winter wheat.

The soil can be characterized by a clay content of 28 – 33% (0 - 30 cm) and by humus content of 2 % (0 – 30 cm) with a field capacity of 202 mm (0 – 100 cm). The experimental design is factorial based on randomized completely block design with four replications. The design includes two factors: (1) different dosages of fertilizers: 50% NPK, 100% NPK, 100% NPK plus farm yard manure (every 3 years to sugar beet) and (2) different combination of fertilizers: control (without any fertilization), P+K, N+K, N+P and N+P+K resulting in 15 treatments (3 dosages x 5 methods of fertilization).

Soil respiration was measured with soil samples taken after harvest of wheat. Soil samples were sieved, adjusted to around 50% water capacity, pre-incubated with 22 °C and measured with a multiplexed flask system LI 8100 IRGA. In the year 2013 in winter wheat the following plant parameters were measured: tiller density, chlorophyll content (SPAD, flag leaf stage DC: 60), LAI (flag leaf stage DC:60), spikes/m² and final grain yield.

Results and Discussion

In terms of soil respiration a clear difference among control and fertilizer treatments was found (fig. 1). Fertilizer treatments indicate higher soil respiration in comparison with control treatment. The increased soil respiration may be the consequence of both microbial growth and stimulation of microbial activity by enhanced resource availability. So they became more active and as the result of this they emitted more

CO₂ to the environment. A further reason for increased soil respiration in the investigated soil samples was probably because of greater input of root biomass due to better crop growth caused by mineral and/or organic fertilization. Optimal fertilized plant stands led to enhancement of soil organic matter and increasing soil respiration.

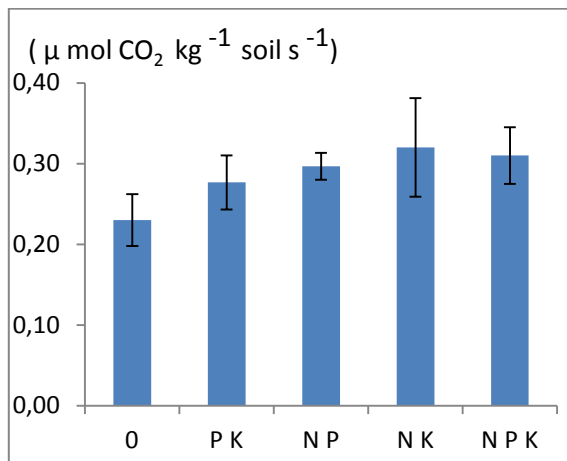


Fig.1. Soil respiration values (0-15 cm) under different fertilizer combinations (2013)

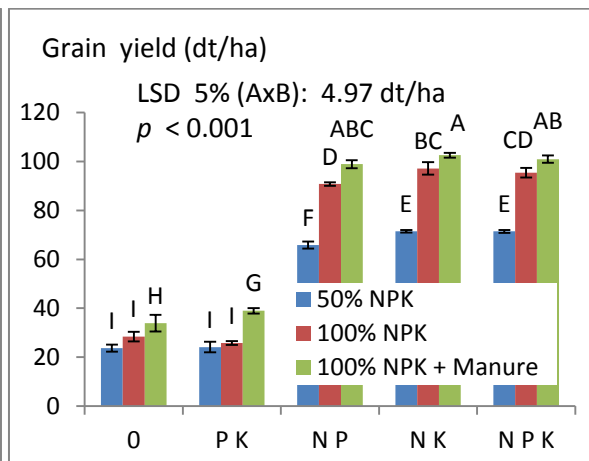


Fig.2. Grain yield values under different fertilizer dosages & combinations (2013)

With respect to the grain yield of wheat a significant interaction effect ($\alpha < 0.01$) was found (fig. 2). The lowest yield belongs to control and the highest yield refers to the 100% NK + manure treatment, but there is not any significant effect among above mentioned treatment with 100% NP + manure and 100% NPK + manure treatments. The reason that 100% N fertilizers + manure treatments indicate higher grain yield might be explained by sufficient amount of nutrients of inorganic N fertilizers and manure that led to yield enhancement. Moreover, the positive effect of manure during the long period of time on soil structure resulted in faster and easier accessibility of water and nutrients to plant root during vegetative and reproductive growth.

Literature

- Zalewski A. 2009. Situation on the market of mineral fertilizers in 2008. J. Agribus. Rural Dev., 2(12): 279-286.
- Achieng, J.O., Ouma, G., Odhiambo, G and Muyekho, F. 2010. Effect of FYM and inorganic fertilizers on maize production alfisols and ultisols in Kakamega, western Kenya. Agric. Biol. J 1(4):430-439.

Ermittlung der komplementären Aufnahme von Mineraldünger-N und Humus-N durch Grünschnittroggen im Feld- und Gefäßversuch

Lucas Knebl, Günter Leithold und Christopher Brock

Justus-Liebig-Universität Gießen. E-Mail: Lucas.a.knebl@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Der Humusersatzbedarf in Pflanzenproduktionssystemen wird nicht zuletzt maßgeblich durch die Inanspruchnahme von N aus der Humusmineralisierung durch die jeweiligen Pflanzenbestände beeinflusst. Dies ist bei der Ermittlung von Humusbilanzkoeffizienten zu berücksichtigen. Bei ungedüngten Nicht-Leguminosen entspricht der Ersatzbedarf von Humus-N theoretisch der N-Abfuhr mit dem Erntegut. In gedüngten Pflanzenbeständen wird die Ermittlung der Inanspruchnahme von Humus-N demgegenüber durch den zunächst nicht bekannten Ausnutzungsgrad des N-Inputs erschwert. Die Herausforderung besteht demnach in der Quantifizierung des Anteils von Humus-N an der insgesamt durch die Zielkultur in Anspruch genommenen N-Menge. Im Poster präsentiert werden die Ergebnisse eines parallel durchgeführten Gefäß- und Feldversuchs, mit dem Ziel, die komplementäre Inanspruchnahme von Mineraldünger-N und Humus-N durch Grünschnittroggen zu ermitteln. Die Versuche wurden gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), im Rahmen des Projektes zur „Ermittlung von Humusbedarfskoeffizienten für Energiepflanzenarten und Energiepflanzenproduktionssysteme“.

Material und Methoden

Der Gefäßversuch umfasst die Varianten 0N (ohne N-Düngung) sowie ^{15}N (Düngung mit ^{15}N markiertem Ammoniumnitrat). Die Varianten werden in je 4 Wiederholungen sowohl auf einer standardisierten Sandbodenmischung als auch auf einem tonig, lehmigen Bodengemisch durchgeführt. Der Feldversuch ist am Standort Weilburger-Grenze der Universität Gießen (Aueboden) in einem bestehenden Grünschnittroggenbestand stationiert. Der Versuch umfasst 12 Parzellen (1m²), deren N-Düngung mit ^{15}N markiertem Ammoniumnitrat erfolgte. Auf eine 0N-Variante wurde aus Platzgründen verzichtet. Vor Aussaat und nach Ernte des Grünschnittroggens werden, neben C_{org}- und N_t-Gehalten auch der ^{15}N -Gehalt des Bodens ermittelt. Die Beprobungstiefe auf dem Feld beläuft sich auf 0-30cm, zusätzlich werden Daten zur Trockenrohdichte für die Bodenmengenberechnung erhoben. Anhand der Quantifizierung von N_t- sowie ^{15}N -Mengen in Ernte- und Stoppelmasse sowie in den Wurzelstöcken, wird der Anteil an aufgenommenem Humus-N näherungsweise berechnet. Die Menge von Humus-N im Erntegut entspricht dem Brutto-Ersatzbedarf von N aus organischer Substanz. Bei der Ermittlung des Netto-Ersatzbedarfes ist demgegenüber zu berücksichtigen, inwiefern Dünger-N zum Aufbau organischer Bodensubstanz beiträgt (z.B. über Ernte- und Wurzelrückstände).

Ergebnisse und Diskussion

Da zum Zeitpunkt der Drucksetzung die Analysen noch nicht vollständig abgeschlossen waren, sind an dieser Stelle –vorläufig- die auf dem Poster zu diskutierenden Fragen aufgeführt:

- 1) Wie viel Humus-N wird durch Grünschnittroggen ohne N-Düngung entzogen?
- 2) Wie viel Humus-N wird durch Grünschnittroggen bei ausreichendem Mineraldüngerangebot zusätzlich entzogen?
- 3) In welchen Pflanzenteilen werden Mineraldünger-N, bzw. Humus-N eingelagert?
- 4) Wie groß ist die Humusreproduktionsleistung von Grünschnittroggen mit und ohne mineralische Düngung.
- 5) Eignet sich der Gefäßversuch die Inanspruchnahme von Mineraldünger-N im Feld zu reproduzieren?

C-Massenbilanzen im Umsatz von Stroh und Gründüngung - Ergebnisse eines Inkubationsversuches

Theresa Dannehl, Günther Leithold, Christopher Brock

Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität, Giessen
E-Mail: Theresa.Dannehl@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Stroh und Gründüngung stellen im Marktfruchtanbau die wesentlichen Substrate für die Versorgung der Böden mit organischer Substanz dar. Weitere organische Dünger sind zumeist nicht oder nur in geringem Umfang vorhanden. Diese Situation erfordert eine differenzierte Bewertung der Humusreproduktionsleistung von Stroh und Gründüngung. Im Rahmen des BÖLN-Projektes 2811NA061 (Sicherung der Humusvorräte mit Grün- und Strohdüngung) wird u.a. geprüft, inwiefern die kombinierte Betrachtung der C- und N-Massenbilanzen eine anwendbare Option hierfür darstellt. Die Hypothese ist, daß sich das CN-Verhältnis im Substrat-Boden-Gemisch mittelfristig stets wieder einem standortspezifischen Wert annähert. Die Stabilisierung von Substrat-C im Boden wäre somit (u.a.) von der N-Verfügbarkeit abhängig zu bewerten.

Material und Methoden

Es wurde ein Inkubationsversuch nach DIN ISO 16072 durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Düngevarianten gemäß Abb. 1 mit jeweils vier Wiederholungen auf zwei Böden, sowie zwei Temperaturstufen (20°C und 8°C) angesetzt. Zum Zeitpunkt der hier vorgestellten Zwischenauswertung betrug die Versuchsdauer 131 Tage. Die Varianten wurden in einem geschlossenen Gefäß unter kontrollierten Bedingungen inkubiert, dabei wurde das entweichende CO₂ in Natriumhydroxidlösung absorbiert. Nach Rücktitration der unverbrauchten Natriumhydroxidlösung durch Salzsäure konnte die C-Abgabe errechnet werden. Zusätzlich wurden C- und N-Mengen in den Varianten zum Ansatzzeitpunkt auf Grundlage von CN-Analysen aller Materialien (Boden+Düngersubstrate) und der eingesetzten TM-Mengen berechnet. Die C-Massenbilanzen werden als Differenz aus C-Ausgangsmenge und C-Veratmung ermittelt und mit den CN-Verhältnissen in den Boden-Düngersubstrat-Gemischen in Beziehung gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 131 Tagen ist eine deutliche Ausdifferenzierung der Varianten ersichtlich. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für den geprüften Sandboden. Die Strohdüngungsvarianten weisen auf beiden Böden jeweils die größten C-Abbauraten auf. Hier zeigt sich möglicherweise der Effekt der mangelnden N-Verfügbarkeit, infolgedessen die Bodenorganismen den eingebrachten Substratkohlenstoff nur in geringem Umfang in Biomasse umwandeln können (Schimel und Weintraub 2003). Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse jedoch auch den Effekt einer C-Limitierung des Substratumsatzes an, der in der Variante „Boden+Mineraldünger-N“ bei beiden geprüften Böden zu einem erhöhtem Abbau von Boden-C gegenüber der Kontrollvariante „Boden“ führt. Der erhöhte Abbau ist hier unter Bezug auf Kuzyakov et al. (2000) als Priming Effekt zu deuten.

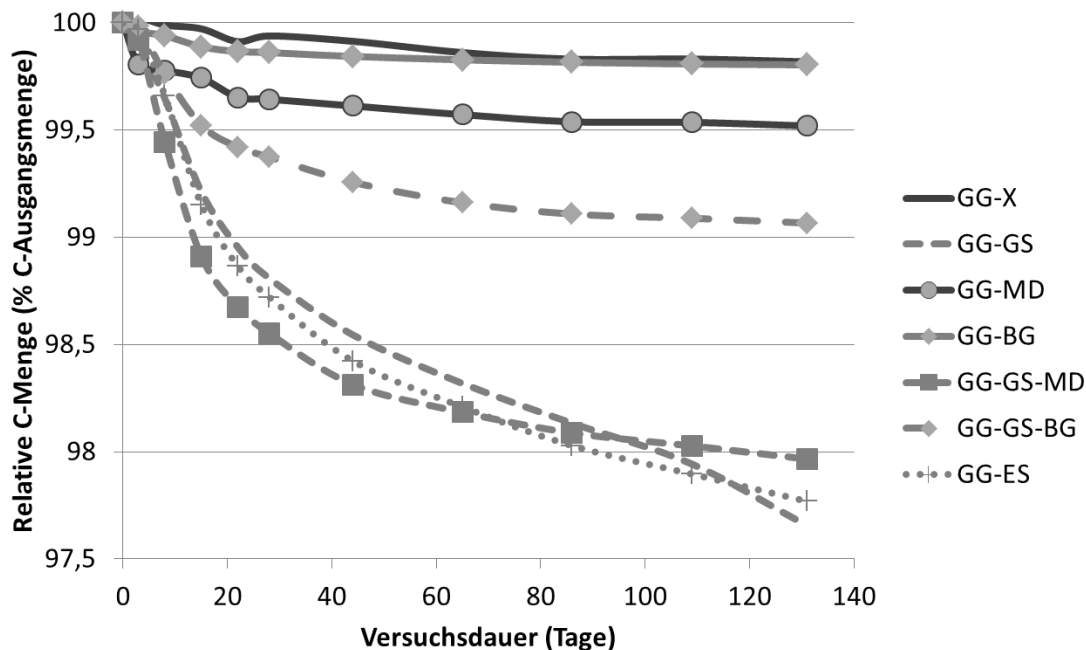


Abbildung 1: C-Abbau in Boden-Substrat-Gemischen im Inkubationsversuch (131 Tage, 20°C). GG: Sandboden aus Groß Gerau, X: Kontrolle; GS: Gerstenstroh; MD: Mineraldünger; BG: Biogasgülle; ES: Erbsenstroh

Die Ergebnisse deuten eine Anwendbarkeit der oben genannten Hypothese für die Bewertung der Humusreproduktionsleistung von Stroh und Gründüngungsvarianten an. Allerdings muss bei reiner N-Düngung (bzw. hohem N-Überschuß?) der auftretende Priming Effekt berücksichtigt werden.

Der Versuch wird zur weiteren Analyse der C- und (später) N-Massenbilanzen fortgeführt (geplante Gesamtdauer 365 Tage).

Literatur

DIN ISO 16072: Bodenbeschaffenheit – Laborverfahren zur Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung, Berlin: Beuth, 2005.

Kuzyakov et al. (2000): Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1485-1498

Schimmel und Weintraub (2003): The implications of exoenzyme activity on microbial carbon and nitrogen limitation in soil: a theoretical model. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 549–563

Einfluss unterschiedlicher Stroh- und Gründüngungsvarianten auf die organische Bodensubstanz – Ergebnisse einer Metaanalyse

Theresa Dannehl, Günther Leithold, Christopher Brock

Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität, Giessen
E-Mail: Theresa.Dannehl@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

In Marktfruchtbetrieben des ökologischen wie auch konventionellen Landbaus beruht die Humusversorgung im Wesentlichen auf Stroh- und Gründüngung. Der Wert dieser Substrate für die Humusversorgung ist jedoch noch unzureichend geklärt. Vor diesem Hintergrund wird im BÖLN-Projekt 2811NA061 (Sicherung der Humusvorräte mit Grün- und Strohdüngung) geprüft, inwiefern eine differenzierte Neubewertung unterschiedlicher Stroh- und Gründüngungsvarianten notwendig ist und inwiefern diese in praxisanwendbaren *Decision Support Tools* wie Humusbilanzen berücksichtigt werden kann und muß. Mit dem Beitrag stellen wir die (vorläufigen) Ergebnisse der Literaturlauswertung zur Humusersatzleistung von Stroh- und Gründüngung vor. Die Auswertung wurde als Meta-Analyse durchgeführt.

Material und Methoden

Die Meta-Analyse wurde auf Grundlage wissenschaftlicher Fachpublikationen durchgeführt. Kriterien für die Aufnahme von Studien waren

- Faktorielle Berücksichtigung von Stroh- und/oder Gründüngung im Feldversuch,
- Quantitative Angaben zum C-Gehalt im Oberboden zu Versuchsende bzw. am Ende der Auswertungsperiode
- Angaben zur Versuchsdauer.

Weitere Kriterien (Referenz-Bodentiefe, Trockenrohddichte bzw. Angaben zu Bodenmengen, C-Ausgangsgehalte, N-bezogene Daten analog zu den C-bezogenen) wurden für die Bildung von Teil-Datensätzen mit höherer Informationsqualität verwendet.

Die Auswertung bezog sich auf C-Gehalte und –Mengen in den Stroh- und Gründüngungsvarianten relativ zu den Versuchskontrollen sowie im Verhältnis zueinander. In entsprechend geeigneten Teildatensätzen wurden zudem C- und ggf. N-Gehalts- und/oder Mengenänderungen während der Versuchsdauer im Vergleich der Varianten analysiert. Nach Möglichkeit sollten die Auswertungskategorien (Strohdüngung, Gründüngung) weiter differenziert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Von zunächst >70 Studien erfüllten lediglich 30 die o.g. Kriterien. Die einbezogenen Studien enthielten Daten zu insgesamt 42 Einzelversuchen. Sechzehn Studien (21 Versuche) konnten in die Analyse der Wirkung von Strohdüngung auf die Boden-C-Vorräte einbezogen werden und 17 Studien (20 Versuche) in die Bewertung der Wirkung von Gründüngung. Lediglich 7 Studien (9 Versuche) enthielten Daten, die einen direkten Vergleich von Stroh- und Gründüngung ermöglichten.

In der Mehrzahl der Studien wurden keine Angaben gemacht, die eine Berechnung von Boden- und Boden-C-Mengen erlauben. Auch C-Ausgangsgehalte werden nur in einem Teil der Studien angegeben, und hier zudem meistens undifferenziert für die gesamte Versuchsfläche. Die Auswertung wird vor diesem Hintergrund zunächst auf

die C-Bodengehalte in den Stroh- und Gründüngungsvarianten jeweils relativ zur ungedüngten Kontrolle (zweistufiger Vergleich), sowie relativ zueinander und zur Kontrolle (dreistufiger Vergleich), beschränkt.

Stroh- wie auch Gründüngungsvarianten zeigten aufgrund des höheren C-Inputs erwartungsgemäß im Mittel jeweils höhere Boden-C-Vorräte als eine ungedüngte Kontrolle. Statistisch konnte die relative C-Anreicherung jedoch nur für die Gründüngung abgesichert werden.

In den Studien, die den Vergleich von Stroh- und Gründüngung ermöglichten, ergab sich allerdings ein abweichendes Bild. Hier lag der Mittelwert der C-Anreicherung bei Strohdüngung höher als bei Gründüngung und war auch nur für Stroh signifikant von der Kontrolle verschieden. Der geringere Anreicherungs-Mittelwert der Gründüngung unterschied sich allerdings nicht signifikant von demjenigen der Strohdüngung.

Im Gegensatz zur relativ gut abgesicherten positiven Wirkung der Anwendung von Stallmist oder Kompost auf die Vorräte der Böden an organischer Substanz muß die Situation bei Stroh- und Gründüngung offensichtlich weitaus differenzierter betrachtet werden. Leider erlaubte der Datensatz, der zugrundeliegenden intensiven Literaturrecherche zum Trotz, weder eine ausreichende Quantifizierung der C-Inputmengen in den Versuchsvarianten, noch eine differenzierte Analyse für unterschiedliche Strohartens (N-reich, N-arm). Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Die vollständigen Ergebnisse und der Datensatz zur Metaanalyse werden aktuell aufbereitet und können bei Interesse bei den Autoren erfragt werden.

Ertragswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im ökologischen Ackerbau

Andreas Surböck^{1,2}, Markus Heinzinger^{1,2}, Agnes Schweinzer¹, Jürgen K. Friedel¹, Bernhard Freyer¹

¹Institut für Ökologischen Landbau/Department für Nachhaltige Agrarsysteme/Universität für Bodenkultur, Wien; ²Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, Wien.
E-Mail: andreas.surboeck@boku.ac.at

Einleitung

Um im ökologischen Ackerbau langfristig stabile Erträge erzielen zu können, ist laufend in die Bodenfruchtbarkeit zu investieren. Entscheidend sind dabei die Fruchtfolgegestaltung und die organische Düngung. Wie sich unterschiedliche Düngungssysteme bzw. –varianten langfristig auswirken, wird in einem ökologisch bewirtschafteten Marktfruchtbetrieb im Osten Österreichs untersucht. Damit sollen Hinweise über alternative Verfahren des organischen Düngermanagements, deren kurz- und langfristigen Wirkungen auf Bodenparameter und den Ertrag in biologischen Ackerbaubetrieben gewonnen werden.

Material und Methoden

Der Untersuchungsbetrieb liegt in Rutzendorf im östlichen Niederösterreich (154 m NN, 520 mm, 9,8 °C). Die Böden im Bereich des Betriebes sind Tschernoseme (Schwarzerden) der Bodenart lehmiger Schluff bis Lehm (C_{org} , Oberboden: 1,9 %). Drei Düngungsvarianten (DV) werden in acht Kleinparzellenversuchen (randomisierte komplette Blockanlagen mit vier Wiederholungen) auf jedem Schlag der achtfeldrigen Fruchtfolge geprüft. DV 1 entspricht einem viehlosen Ackerbaubetrieb, die Luzerne wird gemulcht und als Gründüngung genutzt. In DV 2 wird zusätzlich zur Gründüngung mittels Luzernemulch Biotonnenkompost äquivalent dem Phosphor-Entzug der Marktfrüchte zugeführt. In DV 3 wird ein viehhaltendes System in Orientierung an einen Rinderbestand mit 0,5 GVE/ha über die Abfuhr von Luzerne und Stroh und Zufuhr von Rindermist simuliert. Die Fruchtfolge ist mit einer zweijährigen Luzerne und den nachfolgenden Marktfrüchten Winterweizen, Körnermais, Sommergerste, Körnererbse, Winterweizen und Winterroggen, sowie Zwischenfrüchten in drei von acht Jahren, in allen Varianten gleich. Die Düngung mit Biotonnenkompost (im Mittel 18 t FM/ha je Düngergabe) und Rindermist (im Mittel 19 t FM/ha je Düngergabe) erfolgte zweimal innerhalb einer Fruchtfolgerotation zu Körnermais und zu Winterweizen nach Körnererbse. Die Erträge wurden bei Getreide und Körnererbse mittels Parzellenmähdrescher (13,5 m²) und bei Körnermais mittels Handernte (20,0 m²) erhoben. Ertragsunterschiede zwischen den Düngungssystemen über die Jahre 2009 bis 2013 wurden in einem allgemeinen, linearen Modell mit univariater Varianzanalyse mit der Düngungsvariante als fixer Faktor und dem Jahr und der Wiederholung als zufällige Faktoren abgesichert (Tukey-Test, $P < 0,05$, IBM SPSS Statistics 21).

Ergebnisse und Diskussion

In DV 3 hatte die Luzerneabfuhr signifikant geringere Kornerträge im nachfolgenden Winterweizen gegenüber DV 1 und DV 2 mit Luzernemulch zur Folge (Abb. 1). Über den Transfer von Nährstoffen mit der Stallmistdüngung innerhalb der Fruchtfolge

wurden aber in DV 3 deutliche Ertragssteigerungen beim Winterweizen nach Körnererbse und dem anschließendem Winterroggen erzielt. Insgesamt lag der Gesamtertrag der Marktfrüchte in DV 3 um 2 % (nicht signifikant) über dem Ertrag der DV 1. In DV 2 wurden mit dem Biotonnenkompost zusätzlich Stickstoff (im Mittel ca. 43 kg je Hektar und Jahr), Phosphor und Kalium sowie organische Substanz auf den Flächen ausgebracht. Damit konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte dieser Variante um 3 % (tendenziell, $P < 0,10$) gegenüber DV 1 gesteigert werden. Der Großteil des Düngerstickstoffs aus dem Biotonnenkompost wurde jedoch in den Humusvorrat des Bodens eingebunden und diente zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit. Der Gesamtertrag der Marktfrüchte in DV 1 lag nur geringfügig unter den Erträgen in DV 2 und DV 3. Dies wird generell auf die nachhaltige Fruchtfolge als Basis für alle Systeme mit entsprechendem Leguminosenanteil (25,0 % Luzerne, 12,5 % Körnererbse) und damit Stickstoffinput sowie die hohe Bodenbonität am Standort zurückgeführt.

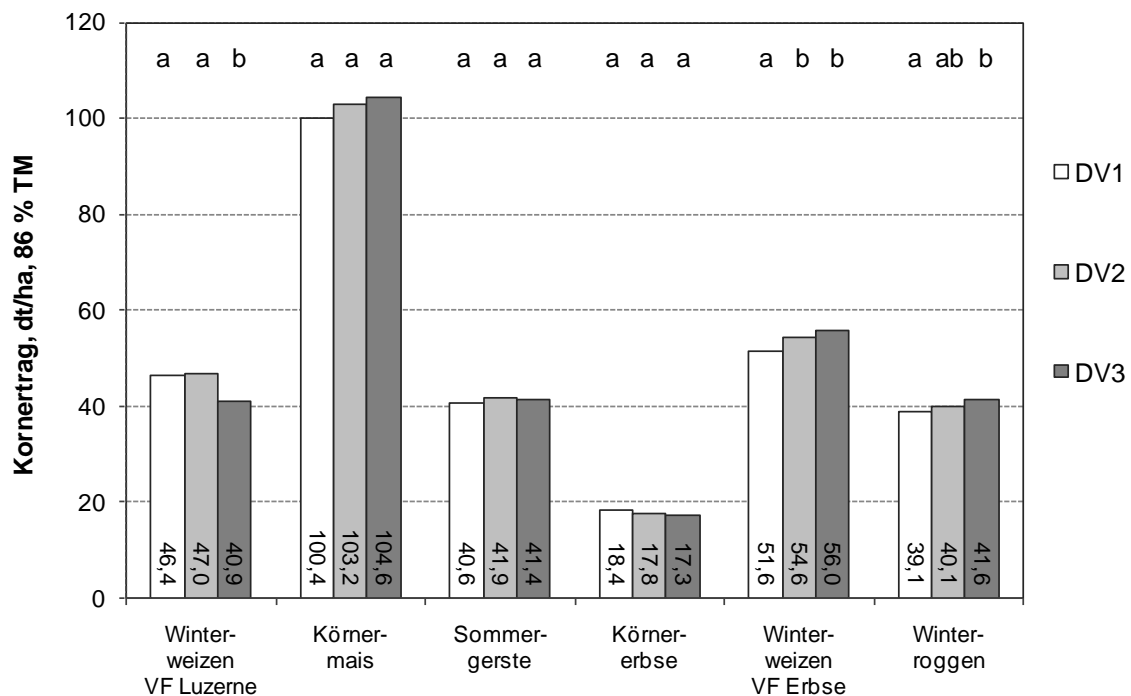


Abb. 1: Mittlere Kornerträge der Marktfrüchte (Jahre 2009 bis 2013) in Abhängigkeit der Düngungsvariante (DV)

DV 1 = Gründüngung mittels Luzernemulch; DV 2 = Gründüngung mittels Luzernemulch + Biotonnenkompost; DV 3 = Futternutzung der Luzerne und Strohabfuhr + Rindermist; TM...Trockenmasse; VF...Vorfrucht. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Bei guten Bodenverhältnissen und einer leguminosenbetonten Fruchtfolge ist mittelfristig der Einfluss einer zusätzlichen Zufuhr von Biotonnenkompost auf den Ertrag eher gering. Schnitt- und Abfuhr des Futterleguminosenaufwuchses und Stallmistdüngung führten zu deutlichen Reaktionen in der Ertragsentwicklung einzelner Kulturen der Fruchtfolge.

Die Ergebnisse stammen aus dem Projekt MUBIL (www.mubil.boku.ac.at), gefördert vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, den Bundesländern und der Europäischen Union.

Entwicklung eines hyperspektralen Wurzel-Imaging-Systems

Gernot Bodner¹, Thomas Arnold², Hans-Peter Kaul¹ und Raimund Leitner²

¹Universität für Bodenkultur/Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Wien; ²Carinthian Tech Research, Villach. E-Mail: gernot.bodner@boku.ac.at

Einleitung

Die Pflanzenwurzel ist für ressourceneffiziente Nutzpflanzensysteme von entscheidender Bedeutung. Vorliegende Untersuchungen zeigen, dass besonders unter (Wasser- und Nährstoff-)Mangelbedingungen Sorten mit angepassten Wurzelsystemen eine Verbesserung der Ertragshöhe und –stabilität sichern (Wasson et al., 2012). Das Wurzelsystem ist jedoch bisher kaum als Zielmerkmal in züchterische Selektionsprogramme eingegangen. Wesentlichster Grund dafür ist die Schwierigkeit der Phänotypisierung. Bisherige Labor- (z.B. Keimwurzeltests auf Filterpapier oder Gel) und Feldmethoden (z.B. Wurzelkapazität) zeigen Probleme in der Extrapolation auf Feldbedingungen (Wojciechowski et al., 2009) bzw. der biologischen Interpretation des Messsignals (Dietrich et al., 2012).

Die Nutzung von Boden/Sand gefüllten Rhizoboxen stellt eine Brücke zwischen Labor und Feld dar. Rhizoboxen ermöglichen (i) eine Messung der Wurzelentwicklung über einen längeren Entwicklungszeitraum der Pflanze, (ii) die Beobachtung der Pflanzen in einem natürlichen porösen Medium, und (iii) die Erfassung von Parametern der Morphologie, Architektur und des Wachstums. Ein entsprechendes Rhizobox-System zur semi-automatischen Wurzelvermessung mit züchterischem Hintergrund wird derzeit am Forschungszentrum Jülich betrieben (Nagel et al., 2012).

Die Nutzung von Spektralbereichen jenseits des sichtbaren Lichts (z.B. Nahinfrarot) ermöglicht verbesserte bildgebende Verfahren (chemical imaging) auf Grundlage des spezifischen Absorptions- und Reflexionsverhaltens von Stoffen. Eine erste Anwendung auf Rhizobox-Systeme wurde von Najkaj et al. (2008) beschrieben, um die Alterung von Wurzeln zu erfassen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Universität für Bodenkultur Wien wird derzeit in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum für Intelligente Sensoren, Carinthian Tech Research, ein Prototyp eines hyperspektralen Wurzel-Imaging-Systems entwickelt, welches in diesem Beitrag vorgestellt wird.

Material und Methoden

Die Komponenten des Messsystems sind einerseits Rhizoboxen als Versuchsgefäße, andererseits die Imaging-Einheit zur Bildfassung. Auf die Bildanalyse-Software wird hier nicht eingegangen. Die Rhizoboxen bestehen aus einer Mineralglas-Sichtseite (8 mm), welche über Metallschienen auf einem undurchsichtigen PVC-Behälter (30 x 100 cm) befestigt ist. Der Innenraum kann variable zwischen einem und drei cm Stärke (Füllvolumen 3000 – 9000 cm³) gewählt werden. Die Pflanzen werden in den Boxen in einem Winkel von 45 ° angezogen, um hohe Sichtbarkeit der Wurzeln an der Glasseite zu gewährleisten.

Das Imagingsystem (Abb. 1a) besteht aus einem Trägersystem für die Rhizobox sowie der Kameraeinheit (Kamera, Spektrograph, Beleuchtung). Diese ist in x-y Richtung vibrationsfrei steuerbar. Die Auflösung des Systems hängt vom Bildwinkel

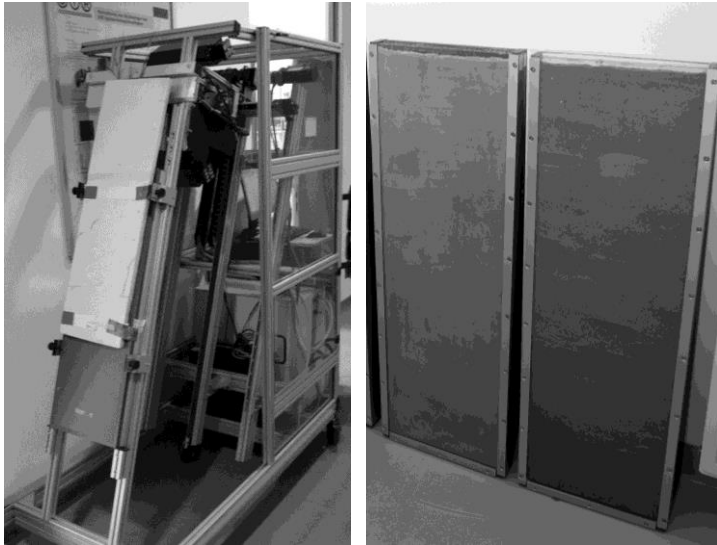


Abb 1. (a) Imaging-System mit Rhizobox und Kameraeinheit (Carinthian Tech Research); (b) Rhizoboxen (Technisches Büro für Bodenkultur). Rechte Box mit Schichtungen beim Füllen.

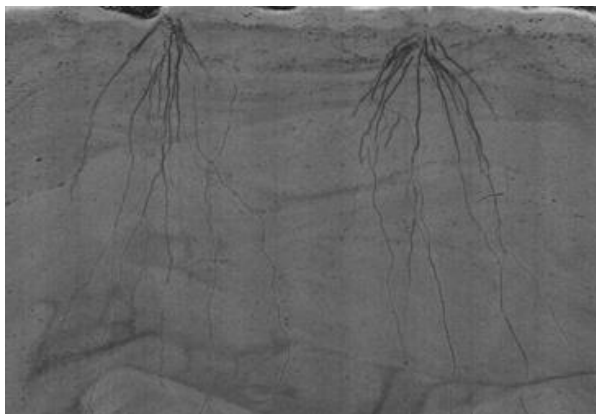


Abb 2. Testaufnahme der durchwurzelten Rhizobox (Ausschnitt) bei 1450 nm.

Gewebe ein starkes Signal darstellt. Weitere Versuche werden andere Spektralbereiche sowie auch Änderungen in der Sensitivität bei Alterung der Wurzel untersuchen.

Literatur

- Dietrich R.C., Bengough, A.G., Jones, H.G., White, P.J. (2012) A new physical interpretation of plant root capacitance. *J Exp Bot.* 63, 6149-59
- Nagel, K.A., et al. (2012) GROWSCREEN-Rhizo is a novel phenotyping robot enabling simultaneous measurements of root and shoot growth for plants grown in soil-filled rhizotrons. *Funct. Plant Biol.* 39, 891-904.
- Nakaji, T., Noguchi, K., Oguma, H. 2008. Classification of rhizosphere components using visible–near infrared spectral images. *Plant Soil* 310, 245-261.
- Wasson, A.P., Richards, R.A., Chatrath, R., Misra, S.C., Prasad, S.S., Rebetzke, G.J., Kirkegaard, J.A., Christopher, J., Watt, M. (2012) Traits and selection strategies to improve root systems and water uptake in water-limited wheat crops. *J. Exp. Bot.* 63, 3485-3498.
- Wojciechowski, T., Gooding, M.J., Ramsay, L., Gregory, P.J. 2009. The effects of dwarfing genes on seedling root growth of wheat. *J. Exp. Bot.* 60, 2565-2573.

ab und ist auf eine maximale Auflösung von 0,1 mm ausgerichtet. Die Aufnahmezeit einer Rhizobox mit dieser Auflösung liegt bei etwa 20 Minuten. Der Spektralbereich liegt zwischen 950 und 1700 nm bei einer spektralen Auflösung von 20 nm.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1b zeigt die verwendeten Rhizoboxen in einem Vorversuch zum Verhalten der Pflanze (Durumweizen) bei unterschiedlichen Substraten und Lagerungsdichten. Dabei zeigte sich die Bedeutung einer homogenen Lagerung ohne Schichtbildung, da diese zu einer

starken Störung der Architektur (Wachstum entlang der Schichten) führen kann. Die Wasserverhältnisse in den Boxen entsprachen einem hydraulischen Gradienten von 1 Meter innerhalb der Box mit freiem Auslauf zur Atmosphäre. Eine kontrollierte untere Randbedingung über Saugkerzen ist nicht vorgesehen, jedoch für das System denkbar.

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt einer ersten Testaufnahme des Imaging-Systems. Die Sichtbarkeit der Wurzel war bei einer Wellenlänge von 1450 nm am deutlichsten, was darauf hinweist dass besonders der hohe Wassergehalt des

Prediction of aboveground biomass in heterogeneous pastures using ultrasonic sward height and spectral vegetation indices

Hanieh Safari, Thomas Fricke and Michael Wachendorf

University of Kassel, FB 11, Section Grassland Science and Renewable Energy, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen. E-mail: hsafari@uni-kassel.de

Introduction

An accurate estimation of aboveground biomass (AGB) is needed to understand the forage resources and spatio-temporal changes in pasture ecosystems. The traditional methods of measuring AGB are destructive, labor intensive and time consuming to obtain spatial information over large areas. Proximal remote sensing has been implemented as an alternative tool. As every single sensor has its own strengths and weaknesses, the combination of complementary sensors is important to improve the accuracy of predictions (Adamchuk et al., 2011). The aim of this study was to examine the relationship between AGB and exclusive ultrasonic sward height (USH), exclusive vegetation indices (VIs) and the combination of USH with VIs to identify the most likely combination best correlated with AGB.

Material and Method

Field measurements were conducted in April (before grazing), June, August and October (after final grazing) in 2013 on three paddocks under different grazing intensities (moderate, lenient and very lenient stocking) at the experimental farm Relliehausen of Goettingen University, Germany. Reference data were measured and sampled on 0.25 m² subplots including two non-destructive methods: ultrasonic sensor (to determine sward height) and reflectance sensor (which measured wavelengths between 305 to 1700 nm). Samples were dried in the oven for 48h at 105°C to measure the total dry biomass. The Vegetation indices calculated from hyperspectral data were: normalized difference vegetation index (NDVI), red edge inflection point (REIP), soil adjusted vegetation index (SAVI) and water index (WI). Ordinary least square regression analysis in R package were used with AGB as dependent variable and exclusive USH, exclusive VI and USH-VI combination as independent variables including interactions and quadratic terms.

Result and Discussion

Common dataset including all sampling dates

VIs had weak relationships with AGB (R^2 between 0.05 to 0.11). The relationship between VIs and AGB may have influenced by heterogeneous plant structure, bare soil areas, wide range of developmental stages (Biewer, 2009) dead plant material and saturation of vegetation indices (Chen et al., 2009). Exclusive USH achieved better prediction than exclusive VIs ($R^2 = 0.41$). The Combination of USH-VIs still showed very low accuracy (R^2 between 0.42 to 0.49). However with the R^2 of 0.49 and SE of 110 g m⁻² the REIP-USH combination provided the better result followed by NDVI-USH combination ($R^2=0.46$, $SE=112.6$ g m⁻²) (Table 1).

Date-specific calibrations of REIP-USH and NDVI-USH combination

Exclusive USH had a better relationship with AGB on the first sampling date (April) than on the other dates ($R^2=0.74$). A reason could be low sward heights at the

beginning of the growing season. Fricke and Wachendorf (2013) reported that exclusive USH predicted biomass with sufficient accuracy in low swards. The combination of REIP and NDVI with USH did not increase the model predictability significantly in April (R^2 from 0.74 to 0.76), but both VIs (REIP and NDVI) complemented USH to predict AGB better in June (R^2 from 0.47 to 0.73 and 0.70 respectively) probably because of the increase in green plant material proportion of biomass after initial grazing. However, no significant correlation was found between REIP-USH combination and AGB in August and October and between NDVI-USH combination and AGB in August (Table 2).

Table 1. Regression statistics of measured AGB as dependent variable with exclusive USH, exclusive VIs and combination of USH-VIs including all sampling dates

| | Exclusive N=216 | | | VIs-USH Combination N=216 | | |
|------------------|--------------------|----------------|------|------------------------------|----------------|------|
| | SE | R ² | Md | SE | R ² | Md |
| USH | 116.1 | 0.41 | l*** | | | |
| Vegetation index | | | | | | |
| NDVI | 148.1 | 0.05 | q** | 112.6 | 0.46 | q*** |
| REIP | 143.1 | 0.11 | q*** | 110 | 0.49 | q*** |
| SAVI | 147.9 | 0.05 | q** | 114.9 | 0.43 | q*** |
| WI | 144.4 | 0.09 | q*** | 114.8 | 0.43 | q*** |

Table 2. Regression statistics of measured AGB with exclusive USH and combination of USH-REIP and USH-NDVI for different sampling dates

| Sampling dates | USH exclusive N=54 | | | REIP-USH combination N=54 | | | NDVI-USH combination N=54 | | |
|----------------|-----------------------|----------------|------|------------------------------|----------------|------|------------------------------|----------------|------|
| | SE | R ² | Md | SE | R ² | Md | SE | R ² | Md |
| April | 67.49 | 0.74 | l*** | 65.78 | 0.76 | q*** | 66.21 | 0.76 | q*** |
| June | 133 | 0.47 | l*** | 95.95 | 0.73 | q*** | 101 | 0.70 | q*** |
| August | 132.2 | 0.31 | l*** | — | — | ns | — | — | ns |
| October | 86.75 | 0.42 | l*** | — | — | ns | 81.39 | 0.51 | q*** |

Md = type of regression model: l = linear, q = quadratic; significant at: * = 0.05, ** = 0.01, *** = 0.001 probability level, R² = coefficient of determination, SE = standard error (g DM m⁻²)

Conclusion

From the study can be concluded, that a combination of the traditionally used VIs (based on signals at standard wavelengths) and USH may not be eligible to predict the AGB with sufficient accuracy in heterogeneous pastures. There is clearly a need to use more information from hyperspectral data in order to enhance the prediction accuracy of AGB.

References

- Adamchuk, V.I., Viscarra Rossel, R.A., Sudduth, K.A., Lammers, P.S., 2011. Sensor fusion foundation and applications. InTech, Rijeka, Croatia, 27-40.
- Biewer, S., Fricke, T., Wachendorf, M., 2009. Determination of dry matter yield from legume-grass swards by field spectroscopy. *Crop Science*, 49, 1927-1936.
- Chen, J., Song, G.U., Miaogen, S., Yanhong, T., Matsushita, B., 2009. Estimating aboveground biomass of grassland having a high canopy cover: an exploratory analysis of in situ hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 24, 6497-6517.
- Fricke, T., Wachendorf, M., 2013. Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume-grass swards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 236-247

Die zeitliche Variabilität von Vegetationsindices und deren Nutzen zur fernerkundlichen Differenzierung von Graslandgesellschaften

Jens Lothar Hollberg^{1,2}, Marian Vittek^{1,2} und Jürgen Schellberg^{1,2}

¹Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Universität Bonn

E-Mail: Jens.hollberg@uni-bonn.de

²Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche, Universität Bonn

Einleitung

Die Graslandvegetation der gemäßigt-humiden Klimate Mitteleuropas ist sowohl hinsichtlich ihrer floristischen Zusammensetzung als auch ihrer morphologischen, physiologischen und phänologischen Merkmale sehr heterogen. Diese Heterogenität führt zu unterschiedlichen optischen Ausprägungen der Vegetationsbestände, die mit Hilfe berührungsloser fernerkundlicher Verfahren detektiert werden können. In diversen Studien wurden Vegetationsindices (VIs) genutzt, um die räumliche Verteilung verschiedener Ausprägungen von Graslandvegetation zu erfassen (Boschetti et al. 2007, Aragón & Oesterheld 2008). Die VIs korrelieren eng mit der Biomasse. Sie verändern sich also in Abhängigkeit vom phänologischen Stadium der Vegetation (Poças et al. 2012). Diese zeitliche Variabilität wird somit zum entscheidenden Kriterium für deren Klassifizierung. Ziel dieser noch laufenden Studie ist es, die zeitliche Variabilität verschiedener VIs zu verstehen und den Zeitpunkt zu ermitteln, zu dem eine Klassifizierung am besten gelingt.

Material und Methoden

Das Rengen Grasland Experiment (Eifel) ist ein Dauerdüngungsversuch auf Grasland, in dem seit 1941 fünf Düngevarianten (Ca, CaN, CaNP, CaNPKCl und CaNPK₂SO₄) angewandt werden. In den Düngegruppen haben sich langfristig Pflanzenbestände herausgebildet, die sich anhand ihrer floristischen Zusammensetzung, ihrer Morphologie, ihrer Biomasse und ihrer Phänologie deutlich voneinander unterscheiden. In zwei Aufwüchsen des Jahres 2013 wurde in diesem Düngeversuch an insgesamt 13 Messtagen mit Hilfe eines Feldspektrometers (Analytical Spectral Devices [ASD] Fieldspec 3 HR) die spektrale Reflexion der fünf Düngegruppen gemessen. Aus den spektralen Signaturen wurden folgende VIs, wie in Henrich et al. (2014) gegeben, berechnet: NDVI, SAVI, TVI und MCARI.

Ergebnisse und Diskussion

Alle VIs stiegen zu Beginn des ersten und zweiten Aufwuchses zunächst steil an (Abb. 1). Dabei erreichen die VIs bei gleichen phänologischen Stadien im zweiten Aufwuchs meist geringere Werte als im Ersten. Die Ertragsdaten erklären diesen Umstand, da im Folgeaufwuchs weniger Biomasse produziert wurde (nicht dargestellt).

Gegen Ende beider Aufwüchse verringerten sich die VIs der CaNPKCl und CaNPK₂SO₄ Parzelle, während die der Ca, CaN und CaNP Varianten relativ stabil blieben. Dies ist ein erster Hinweis auf die unterschiedliche Biomasseentwicklung und Seneszenz der Bestände, die anhand von Felddaten belegt ist (nicht dargestellt) und die über VI-Zeitreihen offenbar gut erfasst werden kann. Diese Dynamik stellt sich allerdings für die vier VIs unterschiedlich dar. Obwohl in früheren Studien eine enge Beziehung zwischen Blattfläche und VIs gefunden wurde, konnte diese für

Biomasse auf Grasland nicht belegt werden. Dieser Befund bestätigt sich hier, denn die VI Werte nehmen nahezu alle ab oder bleiben konstant zum Ende des sigmoiden Verlaufs der Wachstumskurve, weil die VIs sensitiv für grüne Blattfläche sind - also auf Sensezenz reagieren.

Eine Klassifizierung, also Unterscheidung der Düngestufen, gelingt in beiden Aufwüchsen am besten, wenn die CaNPKCL, CaNPK₂SO₄ gedüngten Bestände weiterentwickelt sind als die Übrigen. Je nach VI ist aber auch eine Klassifizierung in späteren phänologischen Stadien möglich, weil die Sensezenzraten der Düngestufen sich unterschiedlich im jeweiligen VI widerspiegeln. Aus den bisher im Experiment vorliegenden Daten ist zu schließen, dass 1. die fernerkundliche Klassifizierung der Graslandbestände zu dem Zeitpunkt möglich ist, an dem die CaNPKCL, CaNPK₂SO₄ düngten Bestände deutlich weiter entwickelt sind als die übrigen Bestände und 2. die Auswahl des am besten für eine Trennung der fünf Parzellen geeigneten VI vom Zeitpunkt der Spektrenaufnahme abhängig ist.

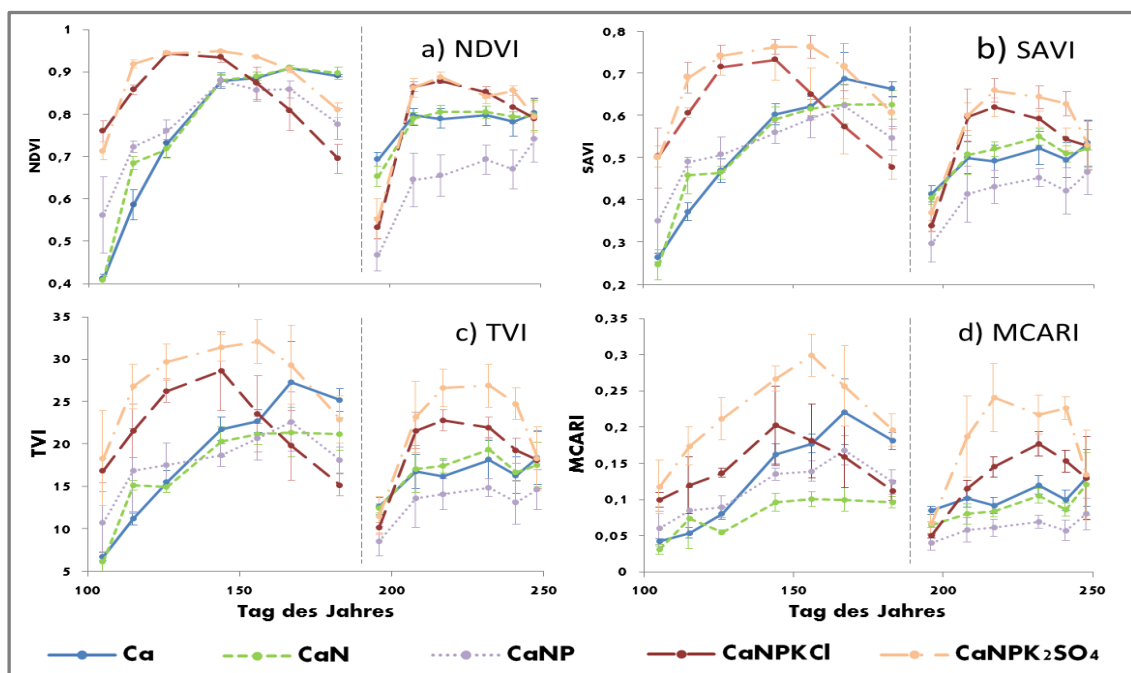


Abb.1: Variation des NDVI (a), SAVI (b), PVI (c) und MCARI (d) der fünf Düngewarianten im Rengener Dauerdüngungsversuch im Jahr 2013. Fehlerbalken beziehen sich auf Wiederholungsmessungen eines jeden Messtages.

Literatur

- Aragón, R., & Oesterheld, M. (2008). Linking vegetation heterogeneity and functional attributes of temperate grasslands through remote sensing. *Applied vegetation science*, 11, 117-130.
- Boschetti, M., Bocchi, S., & Brivio, P.A. (2007). Assessment of pasture production in the Italian Alps using spectrometric and remote sensing information. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 267-272.
- Henrich, V., Krauss, G., Götze, C., & Sandow C. (2014). Index Database. A database for remote sensing indices. Zugang am 1.7.2014. [<http://www.indexdatabase.de/>].
- Poças, I., Cunha, M., & Pereira, L. S. (2012). Dynamics of mountain semi-natural grassland meadows inferred from SPOT-VEGETATION and field spectroradiometer data. *International journal of remote sensing*, 33, 4334-4355.

Klimarelevanz futterbaulich genutzter Niedermoore in Schleswig-Holstein

A. Poyda, T. Biegemann, C. Kluß, R. Loges und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer
Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. E-Mail: apoyda@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Während ihrer Entstehung fungieren Moorökosysteme als langfristige Senken für atmosphärischen Kohlenstoff (C), so dass ihre Torfkörper enorme C-Speicher darstellen [2, 4]. Jedoch unterliegen insbesondere Niedermoorböden in Deutschland einer überwiegend intensiven landwirtschaftlichen Bewirtschaftung [6]. In Abhängigkeit der Entwässerungs- bzw. Nutzungsintensität werden diese Standorte zu potenten Quellen der klimarelevanten Spurengase CO₂ und N₂O [5], was sie zu einer der größten Quellen für Treibhausgase (THG) im Landwirtschaftssektor macht. Vor diesem Hintergrund wurden in der Eider-Treene-Sorge-Niederung in Schleswig-Holstein Spurengasmessungen durchgeführt, um zu untersuchen, wie sich die Entwässerungs- bzw. Nutzungsintensitäten der Niedermoorböden auf die produktbezogenen THG-Emissionen auswirken.

Material und Methoden

Die Auswahl der Beobachtungsflächen erfolgte entlang eines Nutzungsgradienten von einer wiedervernässten und ungenutzten Fläche (Sukzession) über ein intensiv (Grünland I) und ein moderat entwässertes Grünland (Grünland II) bis hin zu einem für den Anbau von Ganzpflanzensilage (GPS) genutztem Ackerstandort (Tab. 1).

Tab. 1: Charakteristik der vier Beobachtungsflächen in der Eider-Treene-Sorge-Niederung

| Fläche | Grundwasserstand, cm Jahresmittel (Min., Max.) | Kohlenstoffgehalt, % (0 – 30 cm) | Lagerungsdichte, g cm ⁻³ (0 – 30 cm) |
|-------------|---|-------------------------------------|--|
| Acker | -30.8 (-72.5, 1.5) | 14.3 | 0.67 |
| Grünland I | -30.7 (-69.8, 2.3) | 17.0 | 0.54 |
| Grünland II | -13.9 (-43.5, 1.3) | 42.0 | 0.32 |
| Sukzession | -8.2 (-26.8, 8.0) | 41.7 | 0.21 |

Zur Erfassung der Spurengasflüsse wurde das statische Messkammerprinzip angewandt [1, 3]. Die Beprobungen zur Erfassung der CH₄- und N₂O-Flüsse wurden wöchentlich durchgeführt mit anschließender gaschromatographischer Analyse der Proben im Labor. Durch lineare Interpolation zwischen den Messtagen ergeben sich die Jahresbilanzen für CH₄ und N₂O. Der Nettoökosystemaustausch (NEE) von CO₂ wurde durch Infrarotgasanalyse alle drei bis vier Wochen im Feld bestimmt und anschließend mithilfe eines einfachen Modells simuliert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Klimabilanzen der futterbaulich genutzten Flächen wurden im ersten Jahr (April 2012 – März 2013) zu ca. 85 % von den CO₂-Emissionen dominiert, während die ungenutzte Fläche erhöhte CH₄-Freisetzungen aufwies (8.3 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ bzw.

31 % der Klimabilanz). Insgesamt waren die Klimabilanzen der Beobachtungsflächen mit 26.5 (Sukzession) bis 68.6 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ (Grünland I) als sehr hoch einzuordnen [6]. Dies gilt ebenso für die produktspezifischen Emissionen der futterbaulich genutzten Flächen, die zwischen 0.87 (Grünland I) und 1.21 t CO₂-Äq. je GJ Nettoenergie Laktation (NEL) (Acker) lagen. Die hohen Erträge des Grünland I führten somit trotz der höchsten flächenbezogenen Emissionen zu geringeren produktbezogenen Klimakosten im Vergleich zu den beiden anderen genutzten Flächen mit deutlich geringeren Erträgen. Im Hinblick auf eine klimaefizientere Landnutzung ist im Untersuchungsgebiet daher eine bessere Synchronisation von Entwässerungs- und Nutzungsintensität anzustreben, was z. B. durch eine gezielte Regulierung der Grundwasserstände erreicht werden könnte.

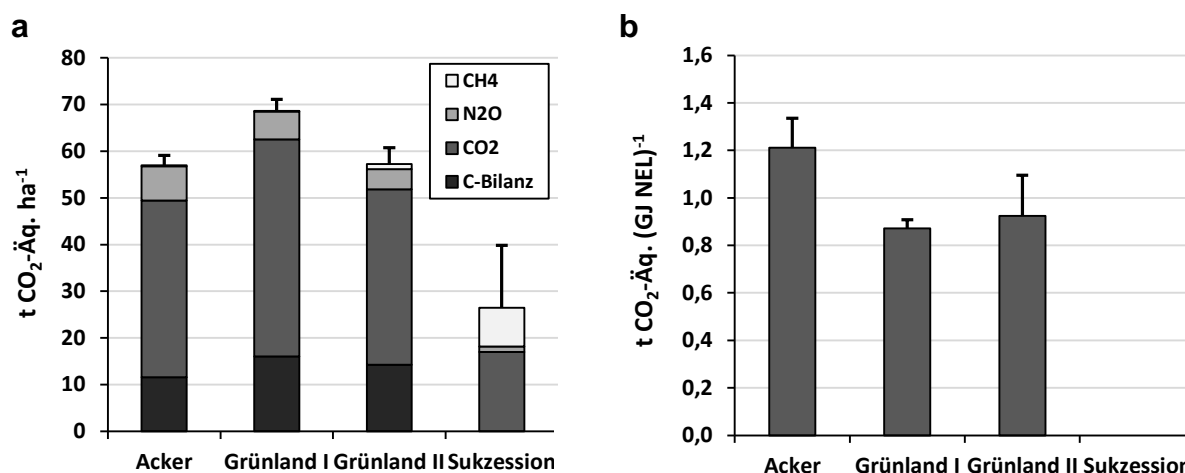


Abb. 1: Treibhausgasbilanzen der Beobachtungsflächen für den Zeitraum April 2012 – März 2013, inkl. der Bilanz aus C-Import durch Wirtschaftsdünger und C-Export mit dem Erntegut, flächen- (a) sowie produktbezogen (b).

Literatur

1. DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. *Dissertation*, Technische Universität München.
2. GORHAM, E. (1991): Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1, 182-195.
3. HUTCHINSON, G. L. und MOSIER, A. L. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Journal of the Soil Science Society of America* 45, 311-316.
4. JOOSTEN, H. (2009): The global peatland CO₂ picture. Peatland status and emissions in all countries of the world. Wetlands International, Ede.
5. OLESZCZUK ET AL. (2008): Impacts of agricultural utilization of peat soils on the greenhouse gas balance. In: M. STRACK (ed.): Peatlands and climate change, 70-97, Jyväskylä: International Peat Society.
6. TIEMEYER, B ET AL. (2013): Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt „Organische Böden in der Emissionsberichterstattung“. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen Institut, 18p, Thünen Working Paper 15.

Optimierung der N-Bilanz von Winterraps durch Einsatz von Pflanzensensoren

A. Spicker, F.-X. Maidl

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: andreas.spicker@tum.de

Einleitung

Winterraps (*brassica napus* L.) ist mit einem Anbauumfang von etwa 1,3 Mio ha in Deutschland die zweitwichtigste Blattfrucht nach Mais. Der überwiegende Teil des aus der Rapssaat gewonnenen Öls wird als nachwachsender Rohstoff zur Herstellung von Biodiesel verwendet. Starker Kritik ist allerdings die im Vergleich zu anderen Kulturarten schlechte N-Verwertung von Raps mit den einhergehenden N-Verlusten in Form von NO_3^- und N_2O . Ein Ansatzpunkt die N-Verwertung in Raps zu verbessern ist die Optimierung der N-Düngung. Dafür wurde von der TU München ein sensorgestütztes Düngesystem entwickelt, mit dem es möglich ist die N-Salden in Raps zu reduzieren und somit den Rapsanbau nachhaltiger zu gestalten.

Material und Methoden

Für die Entwicklung des Düngesystems Raps stand ein umfangreicher Datensatz seit 2005 zur Verfügung. Die N-Düngungsversuche waren an mehreren Standorten angelegt und umfassten bis zu 26 unterschiedliche N-Stufen. Die Düngermengen reichten von 0 kg N ha^{-1} bis maximal 280 kg N ha^{-1} . Die N-Varianten unterschieden sich in der differenzierten Andüngung im Herbst sowie der N-Verteilung im Frühjahr. Zu allen wichtigen Entwicklungsstadien wurden der Biomasseaufwuchs sowie die N-Aufnahme erfasst. Dazu wurde mit einem handgetragenen Spektrometer die Pflanzenreflexion multispektral aufgezeichnet. Diese Daten wurden zu einem sensorbasierten Düngesystem zusammengefügt, das die N-Aufnahme Herbst sowie das standortspezifische Ertragspotential berücksichtigt. Im Jahr 2013 erfolgte der Test des Systems in einem umfangreichen Streifenversuch. In diesem Versuch mit stark wechselnden Ertragszonen wurden drei Düngesysteme verglichen. Als Kontrolle diente eine nach der Officialberatung einheitlich gedüngte Variante, eine Variante berücksichtigte als Mappingansatz die einzelnen Ertragszonen; als drittes System wurde die sensorgestützte Düngung getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungen der Parzellenversuche ergaben, dass die optimale N-Düngermenge im Frühjahr eng korreliert ist mit der N-Aufnahme Herbst. Zwischen diesen Größen besteht eine enge, negative Korrelation wie das hohe R^2 von 0,87 zeigt. Über diese Gleichung kann die optimale N-Düngermenge bestimmt werden. Über einen Regelalgorithmus ist diese Kurve für jede Ertragserwartung einsetzbar. Die Steigung dieser Regressionskurve liegt bei -0,97, was dazu führt, dass pro kg mehr im Herbst aufgenommenem Stickstoff 97% auf die optimale N-Düngermenge im Frühjahr angerechnet werden können.

Der Test des Düngesystems im Streifenversuch zeigt, dass durch die teilschlagspezifische, sensorunterstützte Düngerberechnung die N-Düngermenge in diesen Parzellen um mehr als 70 kg N ha^{-1} gegenüber der einheitlich nach der Officialberatung (206 kg N ha^{-1}) gedüngten Variante reduziert werden konnte. Auch

die Düngung in der Variante Mapping reduzierte die Düngermenge deutlich auf 155 kg N ha^{-1} . Anders als Getreide besitzt Raps allerdings kein standortabhängiges N-Düngeroptimum, was zu Ertragsreaktionen bei einer Änderung der N-Düngermenge führt. Während in der Variante Officialberatung 54 dt ha^{-1} erreicht wurden führte die Reduzierung der N-Düngermenge in den Varianten Mapping und Sensor zu einem signifikanten Ertragsverlust von 4 dt ha^{-1} (Mapping) bzw. 6 dt ha^{-1} (Sensor). Die Ertragsverluste resultieren vor allem aus geringeren Erträgen in den Niedrigertragszonen. Wegen der deutlich geringeren Kornerträge in den Mapping- und Sensorvarianten war auch die N-Kostenfreie Leistung (NKfL) deutlich vermindert. Die höheren Ölgehalte in diesen Varianten konnten die geringeren Kornerträge etwas korrigieren. Bei einem Marktpreis von 47 € dt^{-1} für Raps und $0,94 \text{ € kg N}^{-1}$ erreichte die Kontrollvariante 2472 € ha^{-1} während die Sensorvariante mit 2311 € ha^{-1} deutlich weniger erlöste.

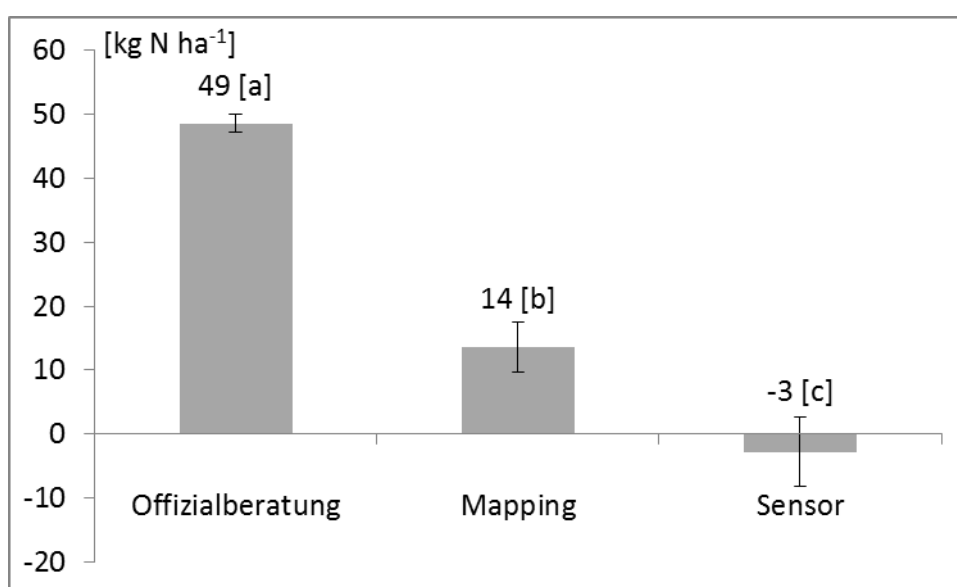


Abb. 1: N-Saldo von Winterraps unter verschiedenen Düngevarianten im Streifenversuch, Roggenstein 2013

Trotz hoher Erträge mit gleichzeitig hohen N-Entzügen über das Korn war der N-Saldo in der Variante Officialberatung am höchsten (49 kg N ha^{-1}). Demgegenüber war die N-Versorgung von Raps sowohl in den Mapping als auch Sensorvarianten ausgeglichen. Das bedeutet, dass eine den Rapspflanzen angepasste teilflächenspezifische und sensorgestützte Ernährung möglich ist; dabei müssen allerdings deutliche Ertragseinbußen hingenommen werden. Für den Praxiseinsatz ist es wohl nötig den Düngealgorithmus so zu ändern, dass in Niedrigertragszonen unter Duldung größerer N-Salden höhere Erträge erzielt werden.

Literatur

- Colnenne, C., Meynard, J.M., Roche, R., Reau, R. (2002): Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. *European Journal of Agronomy* 17: 11-28.
- Henke, J. (2007): Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Winterrapsanbau. Dissertation, CAU Kiel.
- Müller, K., Böttcher, U., Meyer-Schatz, F., Kage, H. (2008): Analysis of vegetation indices derived from hyperspectral reflection measurements for estimating crop canopy parameters of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosystems Engineering* 101: 172–182.

Eine programmierbare Red Edge Inflection Point (REIP) Kamera für Unmanned Aircraft Systems (UAS)

Jakob Geipel¹, Jan A. Wirwahn², Johanna Link¹, Wilhelm Claupein¹

¹Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart; ²Institut für Geoinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster. E-Mail: jakob.geipel@uni-hohenheim.de

Einleitung

Mittlerweile ist der Gebrauch von unbemannt fliegenden Sensorplattformen (UAS) im Precision Farming (PF) keine Seltenheit mehr. Durch die preisgünstige und kurzfristige Verfügbarkeit von räumlich hoch aufgelösten Sensordaten entwickeln sich UAS zu einer ernst zu nehmenden Alternative zur klassischen Fernerkundung mit bemannten Flugzeugen oder Satelliten.

Oftmals werden UAS mit multispektralen Kameras ausgestattet um geeignete Luftbilddaten für die bedarfsgerechte und teilflächenspezifische N-Düngung zu sammeln. Handelsübliche multispektrale Kameras im günstigen Preissegment können meist drei Spektralbänder im grünen, roten und nahem infraroten (NIR) Bereich erfassen und bieten die Möglichkeit der Bildanalyse mittels einfacher Vegetationsindizes. REIP-geeignete multispektrale Kameras mit einer Anzahl von mindestens vier Bändern sind jedoch oft mit höheren Anschaffungskosten verbunden. Zudem sind fast alle gängigen Kameratypen nicht den gewünschten Bedürfnissen entsprechend programmierbar. Gerade im Hinblick auf zukünftige Szenarien der Echtzeitanwendung im PF, z.B. zur automatisierten Verarbeitung und Weitergabe von Bilddaten an Maschinen und Roboter, fehlen diesen Kameras die entsprechenden Möglichkeiten.

Um dennoch eine relativ kostengünstige und programmierbare multispektrale Kamera auf UAS verwenden zu können wurde eine industrielle 4-Sensor-Kamera mittels passender Interferenzfilter zu einer REIP-Kamera umgebaut. Die Kamera ist individuell programmierbar und lässt auch Bildverarbeitung in naher Echtzeit zu.

Material und Methoden

Der häufig verwendete REIP eignet sich als Biomasse-Indikator und korreliert überdies stark mit dem Chlorophyllgehalt und damit auch der N-Versorgung der Pflanze. Er findet bei der Berechnung bedarfsgerechter N-Düngungsgaben oft Anwendung. Guyot *et al.* 1988 formulierten die Berechnungsformel des Vegetationsindex als $REIP = 700 + 40 * (((R_{670} + R_{780}) / 2) - R_{700}) / (R_{740} - R_{700})$.

Zur Messung der benötigten Spektralbänder wurde eine industrielle 4-Sensor-Kamera des Typs VRmD3MFC (VRmagic GmbH, Mannheim) gewählt. Sie bietet bei geringem Gewicht und Stromverbrauch einen starken Prozessor zur Bildverarbeitung und die Möglichkeit zur individuellen Sensorkonfiguration. Als Sensoren kamen vier Aptina MT9V024 (Aptina Imaging Corporation, San Jose, USA) mit einer Auflösung von 754 x 480 px und einer radiometrischen Tiefe von 10 bit zum Einsatz. Ein Sensor nimmt dabei den sichtbaren roten Bereich auf, während die anderen drei Sensoren mit schmalbandigen Interferenzfiltern ausgestattet wurden um die NIR-Bänder bei 700, 740 und 780 nm aufzunehmen. Zusätzlich wurde die Kamera an einen externen Lichtmesser gekoppelt um die Belichtungszeit dynamisch der Sonneneinstrahlung anpassen zu können.

Für den Einsatz auf einem UAS wurde ein C++ Programm entwickelt, das folgende Aufnahmeroutine in Form einer Schleife durchführt (siehe Abb. 1): (I) Bestimmung der Belichtungszeit an Hand eines festen Verhältnisses von gemessener Sonneneinstrahlung und optimaler Belichtungsdauer. (II) Zeitgleiches Auslösen aller Sensoren. (III) Durchführung der Vignettierungskorrektur für jede Sensor/Optik-Kombination. (IV) Durchführung der Verzerrungskorrektur für jede Sensor/Optik-Kombination. (V) Bild-zu-Bild-Registrierung zur Erstellung von mehrbändigen Bildern aus den Einzelaufnahmen.

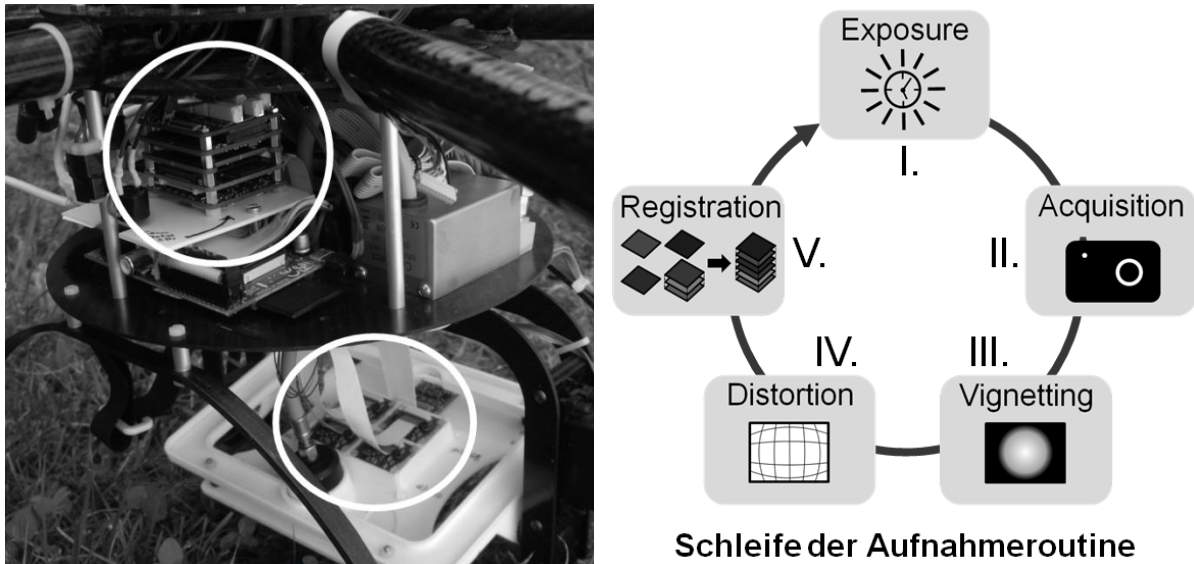


Abb. 1: VRmD3MFC-Kamera (oben links) mit angeschlossenen Bildsensoren (unten links) im Einsatz auf einem UAS mitsamt C++ Bildaufnahmeschleife (rechts).

Ergebnisse und Diskussion

Die industrielle 4-Sensor-Kamera konnte erfolgreich zu einer REIP-Kamera umgebaut werden. Die entwickelte Aufnahmeroutine arbeitet alle erforderlichen Schritte zur Erstellung einer mehrbändigen Luftbildaufnahme in etwa vier Sekunden ab. Darüber hinaus kann die Routine mit zusätzlichen Prozessketten für potentielle Echtzeitanwendungen erweitert werden.

Momentan wird die Reflexion im sichtbaren roten Bereich noch über einen breitbandigen RGB-Sensor bestimmt. Da der REIP streng genommen ein schmalbandiger Vegetationsindex ist, wird an Stelle des RGB-Sensors ein weiterer monochromer Sensor angeschafft. Dieser ist baugleich zu den verwendeten NIR-Sensoren und wird mit einem Interferenzfilter für das rote Band bei 670 nm bestückt.

Erste Aufnahmen wurden seit dem Frühjahr in Düngeversuchen in Winterweizen durchgeführt. Eine detaillierte Auswertung der Aufnahmen fand im Hinblick auf bedarfsgerechte N-Düngung bisher nicht statt. Mit ersten Ergebnissen ist am Ende des Versuchsjahres zur rechnen.

Literatur

Guyot, G., Baret, F. and Major, D. J. 1988. High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and infrared. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 11, 750-760.

Ein Multisensorischer Ansatz mit Blattflächenindex, Ultraschall-Distanzmessung und Vegetationsindices zur Abschätzung von Biomasseertrag im extensiven Grünland

Björn Reddersen, Thomas Fricke und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe der Universität Kassel, Witzenhausen; *B.Reddersen@uni-kassel.de*

Einleitung

Bisherige Forschung hat gezeigt, dass Biomassen artenreicher Grünlandbestände durch nicht-destruktive sensorische Methoden der Bestandeshöhenmessung wie Ultraschall-Distanzmessung (USD) in ausreichender Güte vorhergesagt werden können (Fricke et al. 2013). Unregelmäßige oder gestörte Bestandesstrukturen z.B. während der Blütezeit oder nach Starkregenereignissen führen zu einer Abweichung im Verhältnis zwischen Bestandeshöhe und Biomasse und beeinträchtigen damit die Leistungsfähigkeit dieser Methode. Eine Kombination mit anderen Sensoren, welche andere Parameter wie die Bestandesdichte oder die biochemischen Eigenschaften des Bestandes im Fokus haben, wie die indirekte Erfassung des Blattflächenindex (BFI) oder Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) könnte die Vorhersagegüte verbessern. Obwohl der BFI heutzutage vielfach direkt über NIRS bestimmt wird hat sich gezeigt, dass eine Kombination aus NIRS und indirekt bestimmtem BFI (z.B. LI-COR LAI-2000) dem direkt gemessenen BFI näher kommt als die jeweilige Methode für sich genommen (van Wijk and Williams, 2005). Daher ist anzunehmen, dass auch eine Kombination aus NIRS und BFI in Verbindung mit USD zu einer Verbesserung der Vorhersagegüte für Biomassen führen kann.

Ziel dieses Forschungsansatzes war es die Effektivität eines Multi-Sensor Ansatzes mit Ultraschall-Distanzmessung, LAI-2000 und spektroskopisch ermittelten Vegetationsindices zur Vorhersage von Biomassen aus artenreichen, extensiv bewirtschafteten Grünlandbeständen zu evaluieren.

Material und Methoden

Auf einer Versuchsfläche im Auengebiet der Werra, am Rande der Stadt Witzenhausen, wurden 2008 24 Parzellen (6x10m) aus drei Saadmischungen, jeweils in achtfacher Wiederholung angesät. Die Saadmischungen bestanden aus einer Rohrglanzgrass Reinsaat (*Phalaris arundinacea*) (RG), einer Standard Kleegrassmischung (STA), bestehend aus fünf Gräsern und zwei Leguminosen und einer Diversitätsmischung (DIV), bestehend aus 24 Gräsern, 11 Kräutern und einer Leguminose. In den Versuchsjahren 2009 und 2010 wurden die Parzellen jeweils Anfang Juli und Anfang Oktober mit einem Balkenmäher auf einer Schnitthöhe von 5 cm gemäht. Mit Ausnahme einer vierwöchigen Pause nach dem ersten Schnitt wurden zwischen Mai und Juli im 14-tägigen Abstand Sensormessungen auf alternierenden Teilflächen innerhalb jeder Parzelle durchgeführt. NIR-spektroskopische Daten wurden mit einem FieldSpec Pro 3 Spektroradiometer (Analytical spectral devices, Boulder, CO) unter künstlicher Beleuchtung (3x50W Wolfram-Halogenlampen) erfasst. Aus dem spektralen Datensatz wurden gebräuchliche spektrale Vegetationsindices (VI) zur Abschätzung von Biomassen Abgeleitet. Die Vegetationsindices umfassen eine Breitbandvariante des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) über eine Bandbreite von 50nm, den Red Edge

Inflection Point (REIP), den Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) und den Normalized Structural Vegetation Index (NDSI). Ultraschall-Distanzmessungen wurden mit einem Entfernungsmesser des Typs UC 2000-30GM-IUR2-V15 (Pepperl-Fuchs, Mannheim) durchgeführt. Zur Ermittlung des BFI wurde ein LAI-2000 plant canopy analyzer (Li-COR, Inc., Lincoln, NE) mit einem 45° Öffnungswinkel verwendet. Im Anschluss an die Sensormessungen wurde die Messfläche von 50cm² in einer Höhe von 5cm über dem Boden für die Biomassebestimmung im Labor abgeerntet. Trockenmassen wurden nach 48 Stunden Trocknung bei 105°C ermittelt. Für jede mögliche Sensorkombination aus USD, BFI und VI, inklusive Einzelsensoren, Zweier- und Dreierkombinationen wurden lineare Modelle zur Vorhersage des Biomasseertrags erstellt. Die besten Regressionsmodelle wurden anhand des R² nach Variablen Elimination ermittelt. Haupteffekte, quadratische Terme und alle möglichen zweifach- und dreifach-Interaktionen die innerhalb eines Signifikanzniveaus von $\alpha = 5\%$ nicht signifikant waren wurden gemäß den Richtlinien von Nelder und Lane (1995) aus dem Modell entfernt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Biomassen variierten zwischen 0,3 in den RG Reinsaat und 14,3 t DM ha⁻¹ in STA mit einem ganzjährigen Mittel von 3,7 t DM ha⁻¹. Der BFI reichte von 0,19 in RG bis zu 8,89 in STA mit einem Mittel von 4,24. Mit einem maximalen R² von 0,46 in RG bzw. 0,41 für alle Bestandestypen zeigten die Regressionsmodelle für BFI nur geringe Vorhersagequalitäten für die Biomasseerträge. Das gleiche gilt für die Vegetationsindizes, die mit einem maximalen R² von 0,33 (SAVI) in DIV nicht als zuverlässiger Parameter zur Abschätzung der Biomasse geeignet sind. Die USD-Messungen reichten von 6,1cm bis 123,5cm jeweils in der Reinsaat. Mit Bestimmtheitsmaßen von 0,71 in STA bis 0,76 in DIV, bzw. 0,70 für alle Bestandestypen mit einem Standardfehler von 1,86t ha⁻¹, ist USD der beste Einzelparameter in dieser Studie zur Bestimmung der Biomassen. Die Kombination aus USD und BFI erhöhte das Bestimmtheitsmaß auf 0,78 für alle Bestandestypen und reduzierte den Fehler um 30%. Die Kombination aus VI und USD brachte keine signifikanten Verbesserungen gegenüber dem USD model. In Kombination mit BFI konnten ebenfalls nur geringfügige Verbesserungen erreicht werden. Dementsprechend konnte auch die Dreifachkombination keine Signifikanten Verbesserungen der Vorhersagegüte gegenüber der Zweifachkombination aus BFI und USD erreichen.

Literatur

- Fricke T., Richter F., Wachendorf M. (2011): Assessment of forage mass from grassland swards by height measurements using an ultrasonic sensor. *Computer and Electronics in Agriculture* 79, 142-152
- Nelder J.A., Lane P.W. (1995): The computer analysis of factorial experiments. In memoriam: Frank Yates. *American Statistician* 49, 382-385
- Van Wijk M.T., Williams M. (2005). Optical instruments for measuring leaf area index in low vegetation: application in arctic ecosystems. *Ecological Applications* 15, 1462-1470

Ertragsleistung und Umwelteffekte von Silomais-Winterzwischenfrucht-Systemen in Norddeutschland

Komainda M., Herrmann A., Kluß C. und Taube F.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Abt. Grünland und Futterbau/ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. *mkomainda@gfo.uni-kiel.de*

Einleitung

Silomaisanbau auf sorptionsschwachen, auswaschungsgefährdeten Standorten der schleswig-holsteinischen Geest in Verbindung mit einer überhöhten, langjährig durchgeführten organischen Düngung führen in der Praxis aufgrund hoher Herbst N_{min}-Werte zu einer Grundwasserbelastung mit Nitrat. Um dieser Belastung zu begegnen, eignen sich Maßnahmen zur Winterbegrünung. Aufgrund der begrenzten Vegetationszeit im Herbst ist eine Etablierung von Zwischenfrüchten (ZF) nach der Maisernte nicht immer erfolgreich. Ziel dieser Studie war es daher, den Einfluss des Erntetermins (ET) von Silomais und des Aussaatzeitpunktes der ZF-Art auf das Leistungspotential von Silomais, die N-Aufnahme der ZF sowie aus dem Anbau resultierende Umwelteffekte (N-Auswaschung, Lachgasemission) zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die Untersuchung basiert auf einem zweijährigen Feldversuch, der in den Jahren 2012-2014 als mehrfaktorielle, vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen am Standort Ostfeld, östliches Hügelland durchgeführt wurde. Silomais wurde zu vier Terminen maschinell geerntet (10. Sept. (ET1) und 20. Sept. (ET2) mit früher Sorte Suleyka, S210/K240; 30. Sept. (ET3) und 15. Okt. (ET4) mit mittelfrüher Sorte Ronaldinio, S240/K240) und anschließend eine ZF eingebracht (Welsches Weidelgras (WW) Giselle, 35 kg ha⁻¹; Winterroggen (Ro) Protektor, 200 keimf. Samen m⁻²; Kontrolle: ohne ZF, Stoppeln bearbeitet und unbearbeitet). Die N-Düngung zu Silomais wurde nach Sollwertmethode mit 180 kg N ha⁻¹ als KAS appliziert. Die ZF erhielt keine Düngung. Der Versuch beinhaltete darüber hinaus ungedüngte Maisvarianten (nur ET1 und ET3). Zur TM- und N-Entwicklung der ZF wurden vor und nach Winter Handbeprobungen durchgeführt und der N-Gehalt der Pflanzenproben mittels NIRS geschätzt. Die N₂O-Flüsse wurden ganzjährig (Aussaat Mais bis Umbruch ZF) in ausgewählten Varianten (ET1 und ET3, ZF: Ro; Kontrolle: Mais ungedüngt, ohne ZF) wöchentlich mit der Closed-Chamber-Technik nach Hutchinson & Mosier (1981) erfasst und die N₂O-Konzentration mittels Gaschromatograph ermittelt. Sickerwasser wurde nach dem Saugsondenprinzip (P80 Keramik; 75 cm Tiefe) über die Winterperiode in wöchentlichem Rhythmus in ausgewählten Varianten (ET1 und ET3 mit ZF: Ro und WW; Kontrolle: Mais ungedüngt, ohne ZF) gewonnen und aus den N-Konzentrationen (Skalar Analytical B.V., Niederlande) mittels klimatischer Wasserbilanz die N-Fracht bestimmt. Der Einfluss von Sorte und ET innerhalb Sorte auf den TM-Ertrag des Maises sowie von ZF-Art und ET auf N-Ertrag der ZF wurde varianzanalytisch ermittelt, wobei der Block als zufällig angenommen wurde (Statistik Software R). Mittelwertvergleiche erfolgten anhand multipler Kontrasttests. N-Düngung im Silomais wurde getrennt berechnet. In die Berechnung der N-Erträge der ZF im Herbst gingen nur ET1 und ET3 und im Frühjahr alle ET ein.

Ergebnisse und Diskussion

Die TM-Erträge des Maises wurden signifikant durch die Interaktion von ET und Sorte beeinflusst ($p \leq 0.001$). In beiden Jahren wurde durch die frühe Ernte (ET1) ein um bis zu 2.4 t TM ha^{-1} geringerer TM-Ertrag realisiert als an den folgenden ET. Die N-Versorgung resultierte erwartungsgemäß in einer signifikanten Steigerung des TM-Ertrages um maximal 9.7 t TM ha^{-1} ($p \leq 0.001$). Die im Herbst ermittelte N-Aufnahme der ZF wurde signifikant durch die Interaktion von Jahr, ET und ZF-Art ($p \leq 0.05$) beeinflusst. In 2013 erzielte Roggen ($39.8 \text{ kg N ha}^{-1}$) eine signifikant höhere N-Aufnahme als WW ($24.7 \text{ kg N ha}^{-1}$). Weiterhin wurde durch eine frühere Aussaat eine höhere N-Aufnahme realisiert (ET1: 49 kg N ha^{-1} , ET3: $15.5 \text{ kg N ha}^{-1}$). Im Gegensatz dazu traten in 2012 keine signifikanten Unterschiede auf. Ein Jahreseffekt war lediglich für Roggen zu ET1 absicherbar, mit einer höheren N-Aufnahme in 2013 (62.1 versus 9.5 kg N ha^{-1}). Die Auswertung der N-Erträge im Frühjahr zeigte signifikante Interaktionen von Jahr \times ZF ($p \leq 0.01$) und Jahr \times ET ($p \leq 0.01$). Die Zwischenfrucht Roggen ($16\text{-}40.2 \text{ kg N ha}^{-1}$) erreichte in beiden Jahren signifikant höhere N-Aufnahmen als WW ($4.3\text{-}17.7 \text{ kg N ha}^{-1}$), wobei für die N-Aufnahme im Jahr 2014 ein deutlich höheres Niveau vorgefunden wurde. Zudem konnte nur im Frühjahr 2014 ein Effekt des ET abgesichert werden. Hierbei erreichte ET1 ($44.9 \text{ kg N ha}^{-1}$) gegenüber allen späteren Aussaatterminen ($16.4\text{-}29.4 \text{ kg N ha}^{-1}$) signifikant höhere N-Aufnahmen, während ET2 nur zu ET4 einen signifikanten Unterschied aufwies. Die Ergebnisse belegen einerseits, dass die Variabilität der Witterung maßgeblichen Einfluss auf den Erfolg der ZF-Etablierung ausübte. Eine effektive N-Aufnahme der ZF über Winter ist folglich, unter den gegebenen klimatischen Bedingungen, nur durch eine frühe Maisernte, mit entsprechenden negativen Effekten auf die Ertragsleistung des Maises, gewährleistet. Die kumulierten N_2O -Flüsse variierten zwischen $0.01\text{-}1.03 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ und wiesen damit ein insgesamt sehr geringes Niveau auf. Die statistische Auswertung ergab lediglich einen Effekt der N-Versorgung in der Vegetationsperiode von Mais, mit signifikant gesteigerten Emissionen in den gedüngten Varianten ($p \leq 0.001$). Das insgesamt geringe Emissionsniveau ist vermutlich auf die mineralische N-Düngung zurückzuführen, wie auch von van Groenigen et al. (2004) dokumentiert. In Bezug auf die Gesamt-N-Auswaschung waren keine signifikanten Effekte abzusichern. Tendenziell wurden unter Welschem Weidelgras mit durchschnittlich $26.5 \text{ kg Nitrat-N ha}^{-1}$ die höchsten Verluste ermittelt, wobei eine Überschreitung der kritischen Nitratfracht erst ab $30\text{-}38 \text{ kg N ha}^{-1}$ eingetreten wäre. Die tendenziell geringste Nitrat-Fracht ($14.2 \text{ kg Nitrat-N ha}^{-1}$) wurde durch die Roggen-ZF erzielt, wobei der Aussaattermin (ET1 vs. ET3) keinen großen Einfluss zeigte. Die unbearbeitete und ungedüngte Kontrolle wies mit $21.2 \text{ kg Nitrat-N ha}^{-1}$ im Vergleich zu Roggen einen höheren N-Austrag auf. Die ZF Roggen eignet sich damit bei Aussaat ab Mitte September, sicher Rest-N zu binden und N-Austräge zu minimieren, was allerdings mit Ertragsverlusten im Silomais verbunden ist.

Literatur

- Hutchinson G.L. & Mosier A.L. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Journal of the Soil Science Society of America* 45, 311-316.
- 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.

Lachgasemissionen verschiedener Futterproduktionssysteme in Abhängigkeit von der Vornutzung

Inga Bunne, Christof Kluß, Ralf Loges und Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität, D-24118 / zu Kiel. E-Mail: ibunne@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Die Landwirtschaft ist einer der Hauptverursacher von anthropogenem Distickstoffmonoxid (N_2O), einem der bedeutendsten klimarelevanten Spurengase (IPCC 2013). Eine vermehrte Lachgas-Produktion ist auch auf die zunehmende Spezialisierung landwirtschaftlicher Systeme, einhergehend mit der Intensivierung der Acker- und Grünlandnutzung zurückzuführen. Flächenumnutzungen (Dauergrünlandumbruch), hohem Maisanbau, erhöhte Düngung, sowie die Einengung von Fruchtfolgen sind Anzeichen.

Bislang wenig erforscht ist der Effekt dieser Entwicklung auf die N_2O -Emissionen von Futterproduktionssystemen. Ziel der zugrundeliegenden Studie ist es daher, Effekte verschiedener Flächenvornutzungen (Grünland vs. Ackerland) auf Ertrag, Qualität und Lachgasemissionen ausgewählter Systeme zu quantifizieren. Im Fokus steht der Einfluss des unterschiedlichen Bodenfruchtbarkeitszustandes vor der Flächenumnutzung auf die N_2O -Emissionen.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut „Lindhof“ der Christian-Albrechts Universität Kiel wurde nach einem Grünlandumbruch im Herbst 2010 ein Feldversuch zu dieser Fragestellung als vollständig randomisierter Parzellenversuch in dreifacher Wiederholung angelegt (sandiger Lehm, Ackerzahl 43). Die langjährige durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 8.9°C , der mittlere Jahresniederschlag 768 mm.

Folgende Versuchsfaktoren und Faktorstufen wurden untersucht:

1. Langjährige Vornutzung: Dauergrünland; Ackerland
2. Anbausystem: Futterbaufruchtfolge (Klee gras, Mais, Winterweizen (Klee gras-Untersaat)); Mais in Selbstfolge; Grünland
3. N-Düngung: 0 kg N ha^{-1} ; 240 kg N ha^{-1} Rindergülle (zu Nichtleguminosen)
4. Jahr: 2012/13; 2013/14

Klee gras und Grünland wurden über 4 Schnitte genutzt, Winterweizen als Ganzpflanzensilage inkl. Schnitt des Herbst-Klee gras aufwuchses beerntet, Mais gehäckselt. Als Produktionsparameter wurden Trockenmasse- und Energieerträge der einzelnen Varianten erfasst. Lachgasemissionen wurden einmal wöchentlich bzw. vermehrt nach Managementereignissen mit Hilfe des statischen Messkammerprinzips (HUTCHINSON und MOSIER 1981) und anschließender gaschromatografischer Analyse gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Vornutzung Dauergrünland führte in beiden Versuchsjahren, bei allen Varianten, zu tendenziell höheren N_2O -N-Emissionen bezogen auf den Energieertrag (Abb. 1.1). Dennoch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten „Grünland“ und „Ackerland“ festgestellt werden ($p < 0.05$). Durch den Grünlandumbruch kam es zur verstärkten Mineralisation von akkumulierter organischer Substanz und gebundenem Stickstoff. Die erhöhte N-Verfügbarkeit führte zur

vermehrten Lachgasbildung und -freisetzung. N-gedüngte Parzellen emittierten, im Vergleich zu ungedüngten Varianten (43,7 bzw. 32,0 g N₂O-N (GJ NEL)⁻¹), tendenziell mehr N₂O je erzeugter Energieeinheit. Signifikante höhere Emissionen traten in beiden Versuchsjahren in der gedüngten Fruchtfolge bei Vornutzung Grünland auf. Grünland, neu etabliert auf beiden Standorten, emittierte mit 10,9 g N₂O-N die geringsten Lachgasmengen je GJ NEL. Fruchtfolge und Mais in Selbstfolge liegen beide auf höherem Niveau (50,0 bzw. 52,6 g N₂O-N (GJ NEL)⁻¹).

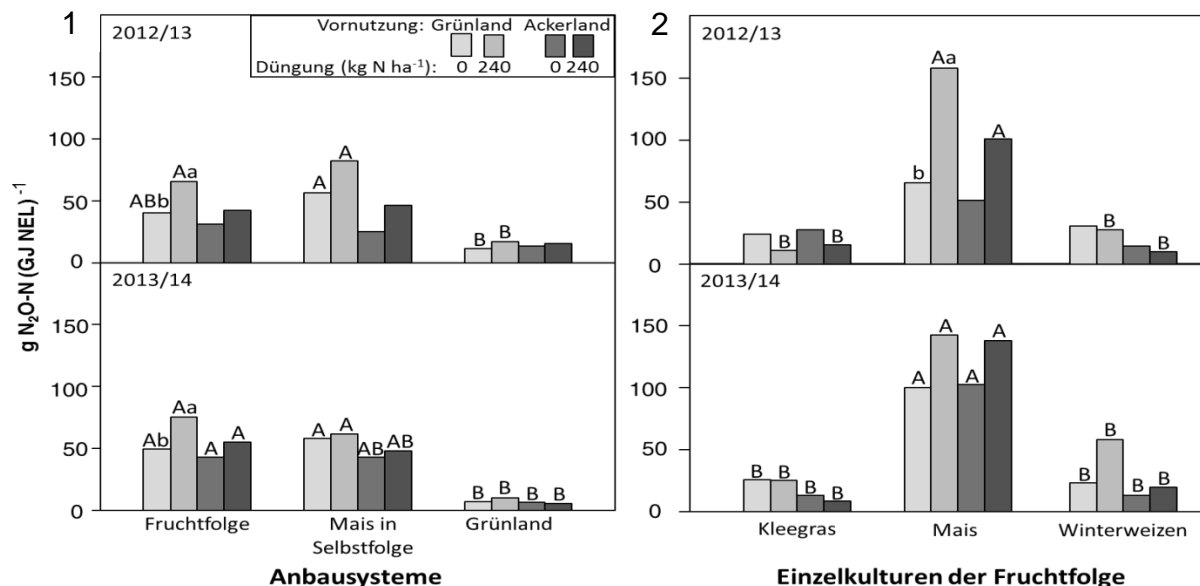


Abb.1: Energieertragsbezogene N₂O-N Verluste (g N₂O (GJ NEL)⁻¹) der beiden Versuchsjahre 2012/13 und 2013/14 für die Anbausysteme (1) und die Einzelkulturen der Fruchtfolge (2) bei unterschiedlicher Vornutzung und N-Düngung. Verschiedene Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Anbausystemen (1) bzw. zwischen den Fruchtfolge-einzelkulturen an (2). Verschiedene Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen (p<0.05).

Beim Vergleich der Einzelkulturen der Fruchtfolge (Abb. 1.2) konnten für Mais (139,4 g N₂O-N, im Vergleich zu Kleegras und Weizen (18,9 bzw. 24,6 g N₂O-N) signifikant höhere N₂O-Mengen je GJ NEL gemessen werden. Das durch den Kleegrasumbruch zu Silomais eingearbeitete Pflanzenmaterial erhöhte das Potential der N₂O-Bildung. Der aus dem Kleegras freiwerdende symbiontisch fixierte Stickstoff übersteigt den Bedarf des Maises. Eine zusätzliche Gülledüngung erhöht das N-Angebot weiter, ohne positiven Ertragseffekt, aber gesteigertem Risiko der gasförmigen N-Verluste. 2012/13 machte die Lachgasemission des Maises 80% der N₂O-Emissionen der Gesamtfruchtfolge in der gedüngten Variante aus, in der ungedüngten lediglich 55%.

Literatur

- HUTCHINSON G. L., MOSIER, P. J. (1981): Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes. *Soil Science Society of America Journal* 45(2): 311-316
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

Einsatz eines optischen Sensors zur Steuerung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Winterweizen

Johanna Link, Philipp Söll, und Wilhelm Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart;
E-Mail: johanna.link@uni-hohenheim.de

Einleitung

Zahlreiche Sensoren sind auf dem Markt verfügbar, um die N-Düngung innerhalb eines Schlages teilflächenspezifisch dem Bedarf der Pflanze anzupassen. Die Messprinzipien der Sensoren und damit die Grundlage für die Berechnung der Applikationsmengen sind verschieden. In vielen Fällen werden Spektrometer oder Fotodioden zur Datenerfassung eingesetzt, andere Sensoren nutzen die Fluoreszenz als Messgrundlage.

Im Rahmen des vorliegenden Versuchs wurde ein Fluoreszenzsensor zur Steuerung der teilflächenspezifischen N-Düngung in Winterweizen eingesetzt. Ziel des Versuches war, die aus den Messwerten abgeleitete Indizes zur Berechnung einer teilflächenspezifischen N-Düngung heranzuziehen und die daraus resultierenden N-Düngestrategie hinsichtlich Ertrag, Proteingehalt und N-Nutzungseffizienz zu bewerten.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof wurde auf einem heterogenen Schlag ein on-farm-Versuch angelegt, um die Praktikabilität des Fluoreszenzensors Multiplex (Force-A, Frankreich) für die teilflächenspezifische N-Düngung zu testen. Hierzu wurde der Schlag virtuell in 79 Quadrate a 36 m x 36 m unterteilt, in denen jeweils eine Teilfläche nach der praxisüblichen N-Düngestrategie (Kontrollvariante) und eine Teilfläche nach der sensorbasierten N-Düngestrategie (Sensorvariante) gedüngt wurde. Für die Berechnung der teilflächenspezifischen N-Düngermenge in der Sensorvariante wurde der Nitrogen Balance Index (NBI) nach Martinon et al. (2011) herangezogen.

$$NBI_{R_i} = \frac{FRF_{UV_i}}{RF_{R_i}}$$

Für die Datenerfassung wurde der Sensor am Frontgestänge des Schleppers auf Bestandeshöhe montiert und die Daten über die zeitgleiche Positionserfassung georeferenziert. Die einzelnen Messwerte der Überfahrt wurden im Nachgang normiert und für jede Teilfläche gemittelt. Die N-Düngermenge für jede Teilfläche wurde mittels einer Exponentialfunktion errechnet, wobei ein negativer Zusammenhang zwischen N-Düngermenge und normierten NBI-Werten zugrunde gelegt wurde.

Die errechneten N-Düngermengen wurden mittels dem von Link et al. (2007) beschriebenen Verfahren in eine Düngerkarte umgesetzt und im offline-Verfahren mit einem pneumatischen Düngerstreuer (Rauch, Sinzheim) appliziert.

Die N-Nutzungseffizienz zur Bewertung der N-Düngestrategien wurde nach folgender Formel berechnet:

$$NNutzungseffizienz_i = (Ertrag_i [kg/ha]) / (NDüngermenge_i [kg/ha])$$

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 zeigt, dass in der Sensorvariante im Vergleich zur Kontrollvariante insgesamt eine signifikant geringere Menge an N-Dünger ausgebracht wurde.

Tabelle 3. Durchschnittliche Applikation an N-Dünger (kg N ha⁻¹) in der Kontroll- und Sensorvariante (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (p<0,05; Tukey).

| Termin | Kontrolle | Sensor |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Düngetermin 1 (BBCH 25) | 60,0 kg N ha ⁻¹ | 60,0 kg N ha ⁻¹ |
| Düngetermin 2 (BBCH 32) | 33,0 kg N ha ⁻¹ | 29,8 kg N ha ⁻¹ |
| Düngetermin 3 (BBCH 65) | 40,0 kg N ha ⁻¹ | 30,3 kg N ha ⁻¹ |
| Gesamt | 133,0 kg N ha ⁻¹ a | 120,1 kg N ha ⁻¹ b |

Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Ertrag (Kontrolle: 6805 kg ha⁻¹; Sensor: 6775 kg ha⁻¹) und Proteingehalt (Kontrolle: 13,6 %; Sensor: 13,1 %) zwischen den beiden N-Düngestrategien vorlagen. Dagegen konnte mittels der sensorbasierten N-Düngestrategie eine signifikante höhere N-Nutzungseffizienz ermittelt werden (Abb.1).

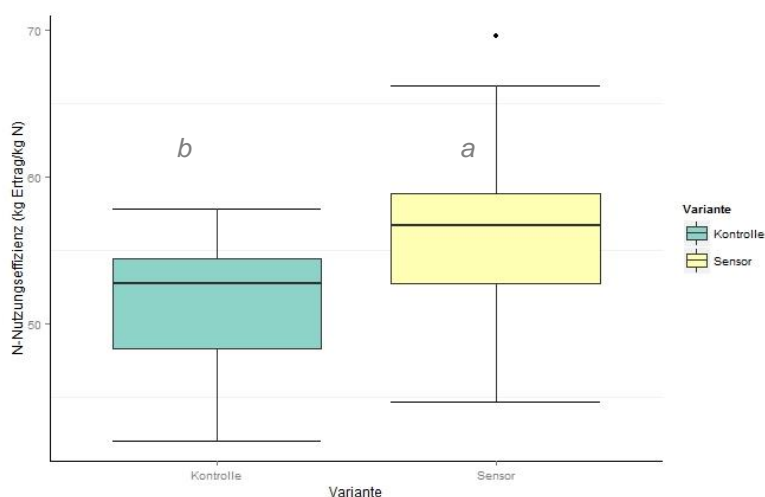


Abbildung 4. Erfasste N-Nutzungseffizienz (kg Ertrag/kg N) der Kontroll- und der Sensorvariante (Antennen zeigen das 5. und 95. Perzentil). (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (p<0,05; Tukey).

Diese ersten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich die während der Überfahrt erfassten Indizes des Multiplex Sensors eignen, eine teilflächenspezifische und umweltfreundliche N-Düngung für Winterweizen abzuleiten.

Literatur

Martinon, V., E. M. Fadailli, S. Evain, & C. Zecha (2011). "Multiplex®: An innovative optical sensor for diagnosis, mapping and management of nitrogen on wheat". In: Proceedings of the 8th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). Prague, Czech Republic: Czech Centre for Science and Society, Amptill, UK/Prague, pp. 547–561.

Link, J., Zillmann, E., Graeff, S., Batchelor, W.D., Claupein, W. (2007). Method for generating site-specific prescription maps via offline technique. Universität Hohenheim: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 2007.

Untersuchung verschiedenen Mais-Genotypen aus Österreich, Kosovo und Albanien auf Resistenz gegen Kolbenfusariose

Vitore Shala-Mayrhofer¹, Sali Aliu², Fetah Elezi³, Blerina Rexhepi², Ana Koci³, Marc Lemmens⁴, Hans-Peter Kaul¹

¹ Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Strasse 24, A-3430 Tulln an der Donau (vitore.shala-mayrhofer@boku.ac.at; hans-peter.kaul@boku.ac.at)

² Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Fakultät für Landwirtschaft und Veterinärmedizin, Universität Prishtina, Str. Bill Clinton n.nr., 10000 Prishtina, Kosovo (salialiu02@gmail.com)

³ Zentrum für Genetische Ressourcen, Landwirtschaftliche Universität Tirana, Siri Kodra Str., 1001 Tirana, Albanien (elezi_fetah@yahoo.com)

⁴ Institut für Biotechnologie in der Pflanzenproduktion, Department für Agrobiotechnologie, IFA-Tulln, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Strasse 20, A-3430 Tulln an der Donau (marc.lemmens@boku.ac.at)

Einleitung

Mais ist eine der wichtigsten Ackerfrüchte und die Hauptkomponente für die Tierernährung in Kosovo und Albanien. Jährlich werden in diese Länder ungefähr 60.000 - 70.000 ha Mais angebaut. Das Saatgut für den Anbau wird größtenteils von den Nachbarländern importiert. Bis heute sind noch keine lokalen Hybride für den Anbau im Kosovo und Albanien vorhanden. Der durchschnittliche Maisertrag von 4.5 t ha⁻¹ im Kosovo und 5.6 t ha⁻¹ in Albanien sichert nicht den Bedarf. Daher wird Mais für den Konsum importiert. Aus diesem Grund es ist wichtig, geeignete Maishybride für das Anbaugesbiet Kosovo und Albanien zu selektieren, um den Ertrag zu erhöhen sowie die Qualität zu verbessern. Neben den Parametern Qualität und Ertrag stellen Pilzkrankheiten einen zentralen Problembereich dar. Das Ziel dieser Arbeit war es, ausgewählte Mais-Genotypen aus Österreich, Kosovo und Albanien auf Resistenz gegenüber dem Befall mit *Fusarium spp.* zu untersuchen, um Aussagen über die Anfälligkeit treffen zu können.

Material und Methoden

Die Felduntersuchungen fanden im Jahr 2013 statt. 18 ausgewählten Mais-Genotypen: 2 aus Österreich, 8 aus dem Kosovo und 8 aus Albanien wurden in einer Blockanlage mit 3 Wiederholungen (90 Pflanzen pro Wiederholung), in Österreich Kosovo und Albanien angebaut (Tab. 1).

Tab. 1: Die Versuchsstandorte und ausgewählten Mais-Genotypen.

| Genotypen | Versuchsstandorte | | |
|---------------------------|------------------------|--|---|
| | Österreich (IFA-Tulln) | Kosovo (1 km von Prishtina) | Albanien (4 km von Tirana) |
| Populationen | keine | LMP-1, 2 und 3 | RA 12; FE 12; FP 12 |
| Hybride | SBL 1; SBL 3 | BC-678; 428; 354; 572; BC-Pajdash Hybrid-FAO400-600. | SNH-9503; 2506; 2504; 9607; 8605 Hybrid-FAO540-620. |
| Herkunftsland der Hybride | Österreich | Kroatien | Italien |

Die künstliche Infizierung der Maiskolben (10 Pflanzen in jeder Wiederholung) mit *Fusarium graminearum* inokulierten Zahnstochern in den Kolben fand nach der Blüte (Mesterházy, 1983) und die visuelle Auswertung des Befalls (Häufigkeit und Stärke) vor der Ernte (Hamilton and Reid, 1996) statt. Im Labor wurde zudem an zuvor nicht künstlich infizierten Maispflanzen die Artenzusammensetzung von *Fusarium* bestimmt (Nirenberg 1989).

Ergebnisse und Diskussion

Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen und hohe Variabilität in der Resistenz gegen *Fusarium graminearum* wurden festgestellt ($p < 0,05$). Die höchste Befallshäufigkeit wurde in Kosovo beim Hybrid SNH 2506 (62,2%) und die niedrigste in Österreich beim Hybrid SBL 1 (3,9%) festgestellt (Abb. 1). Die beste Korrelation der Befallsdaten bestand zwischen jenen aus Albanien und dem Kosovo.

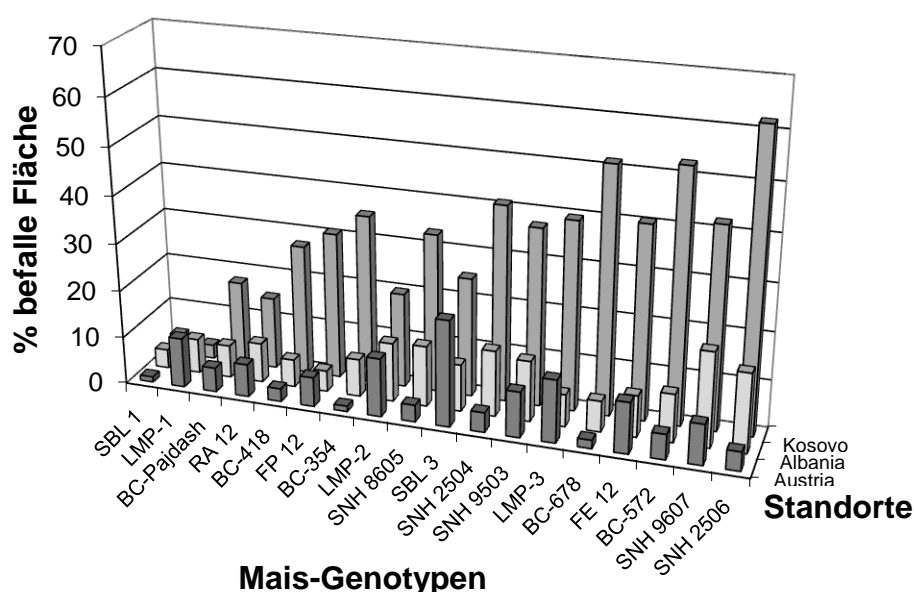


Abb. 1: Kolbenfusariose (Befallshäufigkeit) bei unterschiedlichen Maisgenotypen an den Standorten Kosovo, Albanien und Österreich.

Auf Maiskörnern wurden im Labor bei nicht künstlich infizierten Maiskolben dominierend *Fusarium subglutinans*, *F. verticillioides* und *F. proliferatum* identifiziert. Um zuverlässige Ergebnisse zur Resistenz gegen Kolbenfusariose zu erzielen, sind mehrjährige, mehrortige Versuche notwendig. Unsere einjährigen Untersuchungen liefern einen ersten Schritt zum Ziel.

Die Forschungsarbeit wurde von Austrian Development Agency (ADA) unterstützt.

Literatur

MESTERHÁZY, Á. (1983): Relationship between resistance to stalk rot and ear rot of corn influenced by rind resistance, premature death and the rate of drying of the ear. *Maydica* 28, 425 – 437.

NIRENBERG, H.I. (1989): Identification of Fusaria occurring in Europe on cereals and potatoes. *Fusarium-mycotoxins, taxonomy and pathogenicity*. Ed. J. Chelkowski. Elsevier Science Publishers, B. V. Amsterdam.

REID, L.M. and HAMILTON, R.I. (1996): Screening Maize for Resistance to Gibberella Ear Rot. Eastern Cereal and Oilseed Research Centre Ottawa, Ontario.

Untersuchungen des aktuellen Sortiments von Clearfieldraps auf sekundäre Dormanz der Samen

Sabine Gruber, Shoubing Huang, Ernst Albrecht Weber und Wilhelm Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340a)/Universität Hohenheim, Stuttgart.

E-Mail: *Ernst.Albrecht.Weber@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Die Einführung von Clearfieldraps („CL-Raps“) mit Imidazolinon-Toleranz wird in Deutschland kontrovers diskutiert. Anbauer und vor allem Berater befürchten zukünftig steigende Probleme mit CL-Durchwuchsraps, der sich auf Grund partieller Kreuztoleranz mit ALS-Hemmern nicht mehr wie gewohnt mit den herkömmlichen Herbiziden bekämpfen ließe. Die langjährigen Erfahrungen mit der unterschiedlichen Dormanzneigung konventioneller Rapsorten wären möglicherweise auch auf CL-Sorten zu übertragen, so dass von gering dormanten CL-Sorten weniger Durchwuchsraps zu erwarten wäre. Bisher liegen allerdings keine Ergebnisse zur Dormanz von CL-Sorten vor. Die vorliegende Studie hat zum Ziel, die Dormanzneigung von Rapsamen in für Deutschland aktuell und zukünftig anbaurelevanten Sorten zu analysieren.

Material und Methoden

Im Jahr 2012/2013 wurden 15 CL-Rapsorten bzw. -genotypen von DSV, Dekalb und Pioneer, darunter zum damaligen Zeitpunkt anbaurelevante Sorten, in Parzellen (4 x 5 m) auf der Versuchsstation der Universität Hohenheim (Standort Goldener Acker) in vier Wiederholungen angebaut. Die Niederschlagsmenge betrug im Versuchszeitraum 710 mm, die mittlere Temperatur 9.8°C. Die Parzellen wurden am 5. August 2013 maschinell geerntet, und die Druschproben wurden im August und September 2013 nach dem Hohenheimer Standard-Dormanztest (Weber et al., 2010) auf ihre Dormanzneigung untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Spannbreite des gesamten Prüfsortiments reichte von rund 4 % bis 78 % Dormanzneigung in Samen offen abgeblühter Pflanzen im Erntegut der Hybridsorten (Abb. 1), wobei die 2013 auf dem Markt verfügbaren CL-Sorten zwischen 18 % und 78 % Dormanz aufwiesen. Damit fand sich im geprüften CL-Rapsortiment eine ganz ähnliche Dormanzneigung wie in den bisher geprüften konventionellen Sortimenten mit gering, mittel und hoch dormanten Typen (Gruber et al. 2009). Allein auf Grund von Dormanz besteht daher beim Anbau von CL-Sorten keine höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Durchwuchsraps als bei herkömmlichen Sorten. Die tatsächliche Größe der Bodensamenbank von Raps ist in der Praxis deutlich kleiner als der Anteil dormanter Samen im Labortest und beträgt je nach sortenspezifischer Dormanzneigung bis zu 9 % der Ausfallverluste bei der Ernte (Gruber et al., 2008). Neben der Dormanz sind Bodenbearbeitung und Witterung entscheidend für die Samenüberdauerung in der Praxis, wobei sich die Disposition von Sorten zur Dormanz bei gleicher Bodenbearbeitung in unterschiedlich hohen Überdauerungsraten widerspiegelt.

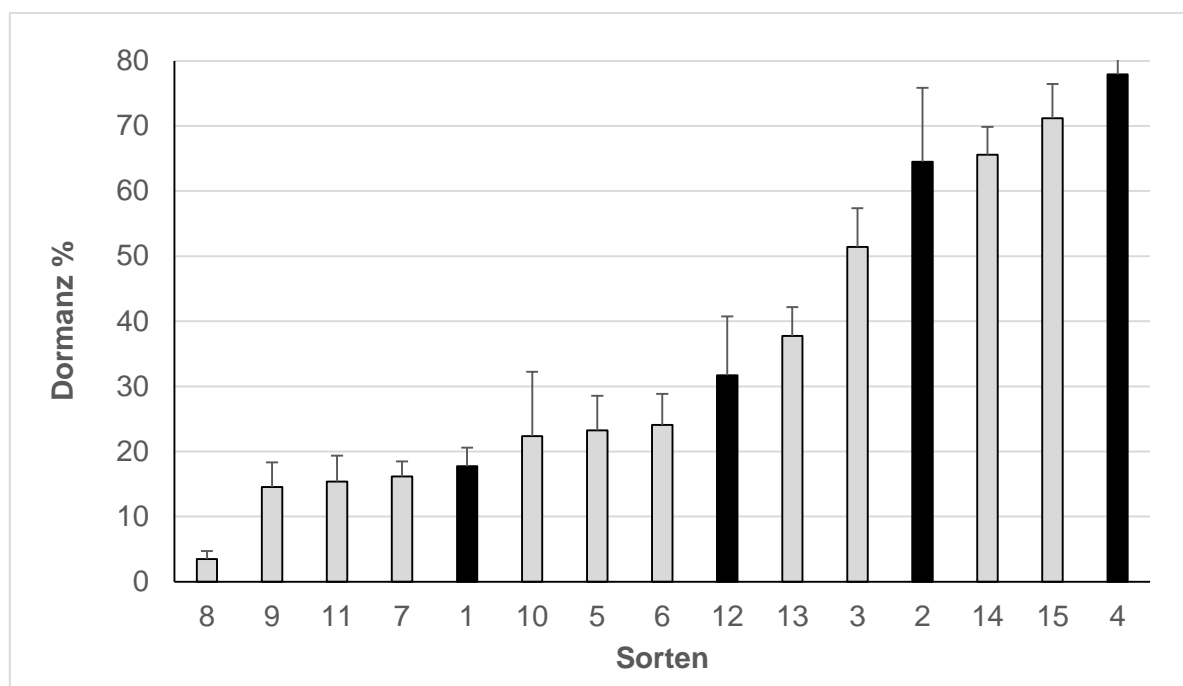


Abb. 1. Dormanz (% dormante/lebensfähige Samen) nach Dormanzinduktion im Labor von 15 Clearfield-Rapssorten bzw. -genotypen aus einem Parzellenversuch, Ernte 2013, Goldener Acker, Universität Hohenheim. Sorten 1, 2, 4 und 12: 2013 auf dem Markt. Fehlerbalken: Standardabweichung.

Nicht alle der geprüften Sorten bzw. Genotypen sind derzeit noch anbaurelevant. Noch ist offen, ob durch Aufspaltung der Hybridsorten teilweise konkurrenzschwache Durchwuchspflanzen auftreten. Ein deutschlandweites Praxismonitoring von Durchwuchs verschiedener CL-Rapssorten in der ersten Nachfrucht zeigte auf ca. 50 % aller rund 40 Untersuchungsflächen keinen homozygoten CL-Durchwuchs (Laufer et al., 2014). Bei den Sorten mit höherer Dormanzneigung sollte speziell auf eine geeignete Bodenbearbeitung nach der Ernte bzw. eine geeignete chemische Kontrolle und/oder eine Fruchtfolge mit konkurrenzstarken Kulturen geachtet werden. Grundsätzlich scheint eine vorbeugende Begrenzung von Durchwuchsrapen auch bei CL-Rapen durch den Anbau gering dormanter Sorten möglich.

Literatur

- Gruber S, Emrich K, Claupein W (2008). Management der Bodensamenbank von Raps durch Bodenbearbeitung und Genotypenwahl – Bilanz aus drei Projektjahren. *Die Bodenkultur* 59, 67–75.
- Gruber, S., Emrich, K., Claupein, W. (2009). Classification of canola (*Brassica napus*) winter cultivars by secondary dormancy. *Can. J. Plant Sci.* 89, 613–619.
- Laufer, C., Siebachmeyer, M., Gruber, S., Huang, S., Weber, E.A., Claupein, W. (2014). Against the current – Clearfield®-oilseed rape in Germany, 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014, Braunschweig, Julius-Kühn-Archiv 443, 720-727.
- Weber, E.A., Frick, K, Gruber, S., Claupein, W. (2010). Research and development towards a laboratory method for testing the genotypic predisposition of oil seed rape to secondary dormancy. *Seed Sci. and Technol.*, 38, 298-310.

Welchen Einfluss hat die Tiefenlage von dormanten Rapsamen auf Dormanzbrechung und Aufgang?

Carolin Stültgens, Ernst Albrecht Weber, Sabine Gruber, Wilhelm Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fg. 340a,
70599 Stuttgart. E-Mail: Ernst.Albrecht.Weber@uni-hohenheim.de

Einleitung

Rapsamen, die kurz vor oder während des Rapsdrusches ausfallen und nach einer Bodenbearbeitungsmaßnahme in den Boden vergraben werden, können dort unter Lichtausschluss und bei Trockenheit dormant werden und einen Bodensamenvorrat aufbauen. Sobald später die Dormanz gebrochen wird, etwa durch Schwankungen der Bodentemperatur, durch Samenalterung oder indem die Samen durch eine erneute Bearbeitung an die Bodenoberfläche gelangen, können diese Samen keimen und in Nachfrüchten als unerwünschter Durchwuchsrap in Erscheinung treten. Ergebnisse über Keimung nicht-dormanter Samen aus verschiedenen Bodentiefen liegen vor; wenig ist jedoch bekannt über die Brechung von Dormanz in unterschiedlichen Tiefen. In einem Gefäßversuch sollte daher untersucht werden, inwiefern eine unterschiedliche Tiefenlage der Samen im Boden Einfluss auf die Dormanzbrechung und das Auflaufen von Rapskeimlingen hat.

Material und Methoden

Bei Samen zweier Winterrapshybriden (Sorten 1 und 2; Keimfähigkeit 96 % bzw. 84 %; Dormanz 78 % bzw. 71 %) wurde unter Laborbedingungen Dormanz induziert (Weber et al. 2010). Anschließend wurden dormante Samen (je 100 pro Variante und Wiederholung) der beiden Sorten im Dunkeln unter Grünlicht in mit Erde gefüllten Pflanzgefäßen in Tiefen von 0 cm, 0,5 cm, 1,0 cm, 2,5 cm, 5 cm und 10 cm abgelegt und am 27.04.2014 in einem Gewächshaus als Blockanlage mit 4 Wiederholungen angeordnet, wo sie natürlichem Tageslicht ausgesetzt waren. Eine kontinuierliche Wasserversorgung erfolgte über kapillaren Wasseraufstieg aus Untertöpfen, die über den gesamten Versuchszeitraum ca. 2 cm hoch mit Wasser gefüllt wurden. Die täglichen Maximum- und Minimumwerte der Lufttemperatur wurden mit Mini/Max-Thermometern bestimmt. Diese schwankten im Untersuchungszeitraum zwischen 13 und 43°C bzw. zwischen 5 und 12°C. In regelmäßigen Abständen wurde die Zahl aufgelaufener Rapskeimlinge in Abhängigkeit der Sorte und Bodentiefe ermittelt. Nach fünf Wochen wurden die bis dahin nicht gekeimten, im Boden verbliebenen Samen ausgewaschen und im Keimschrank für ca. 10 Tage wechselnden Temperatur- und Lichtverhältnissen ausgesetzt, um die Lebensfähigkeit der verbliebenen, potenziell dormanten Samen zu prüfen. Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mithilfe der Prozedur MIXED des Statistikprogramms SAS 9.3 (SAS Institute, Cary, NC). Mittelwertvergleiche wurden mithilfe eines t-Tests ($\alpha = 0,05\%$) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Aus allen geprüften Tiefen liefen Rapskeimlinge auf, was darauf schließen lässt, dass in allen Tiefen Dormanzbrechung stattfand, allerdings in unterschiedlichem Ausmaß (Abb.1). Als potenzielle dormanzbrechende Faktoren kommen Änderungen der Licht-, Wasser-, O₂- und/oder Temperaturverhältnisse in Frage. Die höchsten

Auflaufraten mit Werten von 87 bis 97 % waren bei Ablagetiefen zwischen 0,5 und 2,5 cm zu beobachten (Abb.1A und 1B). In den Bodentiefen 0,5 und 1 cm wurde dabei die Dormanz fast vollständig gebrochen. Bei ausreichender und konstanter Wasserversorgung waren in diesen Tiefen Belichtungs- und Temperaturwechsel (Tag/Nacht) die wahrscheinlichsten Ursachen für Dormanzbrechung.

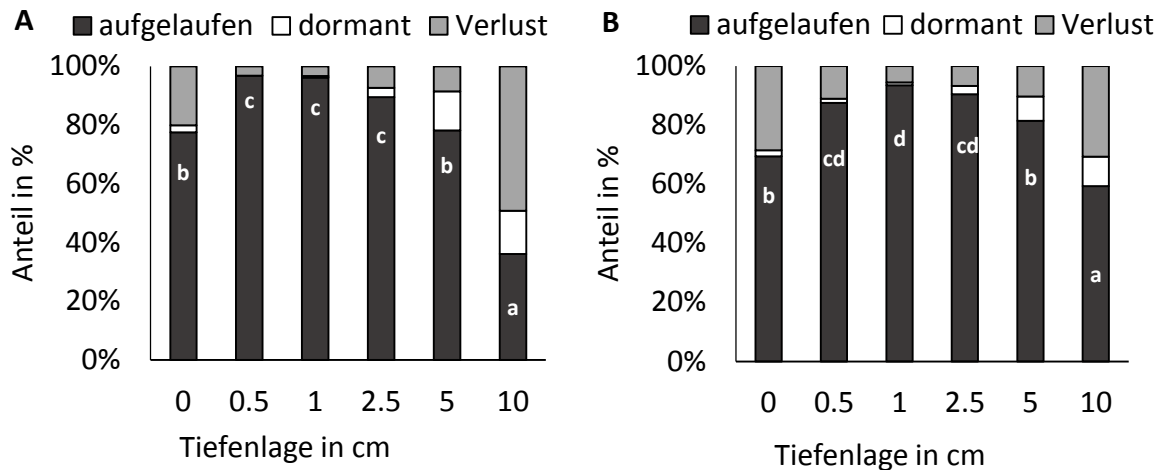


Abb. 1 Prozentualer Anteil an aufgelaufenen Keimlingen, dormanten Samen sowie Samenverlusten der Sorten 1 (A) und 2 (B) an der Gesamtsamenzahl pro Gefäß abgelegter dormanter Rapssamen in Abhängigkeit von der Bodentiefe. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich hinsichtlich der Zahl aufgelaufener Pflanzen nicht signifikant voneinander ($\alpha=0.05$, t-Test). Verlust: Differenz zwischen ausgelegten und wiedergefundenen Samen bzw. Keimlingen.

Ab einer Tiefenlage von 2,5 cm war mit Zunahme der Bodentiefe ein Anstieg des Anteils verbleibender, dormanten Samen zu beobachten, der von ca. 3% bis zu 10% (Sorte1) bzw. 15% (Sorte 2) in 10 cm Tiefe zunahm. Ursachen für einen höheren Grad der Dormanzerhaltung in tieferen Bodenschichten könnten neben dem völligen Lichtausschluss auch geringe O_2 -Konzentrationen gewesen sein. Neben den höheren Anteilen an dormanten Samen in tieferen Bodenschichten dürfte fatale Keimung Mitursache für die niedrige Auflaufraten (40 bzw. 60 %) aus 10 cm Tiefe gewesen sein. Gründe für verringerte Auflaufraten von Samen, die direkt auf der Bodenoberfläche abgelegt wurden, könnten weniger eine unterbliebene Dormanzbrechung als vielmehr eine unzureichende Wasserversorgung durch zu geringen Samen-Bodenkontakt und/oder eine Beeinträchtigung der Lebensfähigkeit durch direktes Sonnenlicht und entsprechende Temperaturen gewesen sein.

Basierend auf den dargestellten Ergebnissen ist davon auszugehen, dass Langzeitüberdauerung von Rapssamen im Boden hauptsächlich dann auftritt, wenn Rapssamen tiefer als 2,5 cm eingearbeitet werden.

Literatur

Weber E.A., Frick, K., Gruber, S., Claupein, W., 2010. Research and development towards a laboratory method for testing the genotypic predisposition of oilseed rape (*Brassica napus* L.) to secondary dormancy. *Seed Science and Technology* 38, 298-310.

Antioxidant capacity of different *Origanum vulgare* subspecies under two microclimate conditions

Marzieh Shafiee-Hajiabad, Feng Yan, Anastasija Olischewsky
and Bernd Honermeier

Institute of Agronomy and Plant Breeding, Justus Liebig University Gießen, Schubertstr. 81, D-35392 Gießen.

Corresponding address: Marzieh.shafiee-hajiabad@agrar.uni-giessen.de

Introduction

Origanum vulgare L., (Lamiaceae) is known as a source of essential oil and phenolic compounds. The essential oil of oregano is used extensively in food products, cosmetics, and alcoholic liqueurs. Phenolic compounds have been reported to have different biological effects, including antioxidant capacity, antimicrobial and antiviral effects (Exarchou et al. 2002; Shan et al. 2005). Furthermore, phenolic compounds act as a defense mechanism of plant against environmental factors such as high temperature, light intensity and UV radiation (Bolkhina et al. 2003).

The objective of the conducted study was to clarify the possible effect of environmental factors (light intensity and air temperature) on phenolic compounds, rosmarinic acid content and antioxidant capacity of eight *Origanum vulgare* L. accessions.

Material and method

A pot experiment was carried out in 2011 in the research station of Rauischholzhausen. Eight accessions of *O. vulgare* L. received from the National German Gene bank (IPK Gatersleben, Germany) were investigated (table 1). All accessions were cultivated under two microclimate conditions: 1. In a wire house and 2. Outside (under natural environmental conditions). The growth conditions in the wire house were characterized by reduced light intensity of about 27% and by decreased air temperature of about 0.8 °C.

Table 1. Accessions of *Origanum vulgare* investigated in pot experiment Rauischholzhausen 2011

| No. | Accession | subsp. |
|-----|------------|---------------------------------------|
| 1 | ORI 7 /79 | <i>vulgare</i> |
| 2 | ORI 10 /89 | <i>viride</i> (Boiss.) Hayek |
| 3 | ORI 11 /86 | <i>viride</i> (Boiss.) Hayek |
| 4 | ORI 18 /03 | <i>vulgare</i> |
| 5 | ORI 25 /96 | <i>virens</i> (Hoffm. et Link) letsw. |
| 6 | ORI 28 /95 | <i>hirtum</i> (Link) letswaart |
| 7 | ORI 34 /03 | <i>hirtum</i> (Link) letswaart |
| 8 | ORI 42 /00 | <i>gracile</i> (Koch) letsw. |

The plant harvest was carried out at full flowering stage. Plant length, stem weight, leaf weight and bud weight were evaluated as fresh as well as dry mass. The antioxidant capacities (oxygen radical absorbance capacity, ORAC assay) and total phenolic contents (Folin-Ciocalteu assay) in extracts of herbs were determined.

High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to identify and quantify rosmarinic acid according to a standard method used in our institute.

Results and discussion

The total phenolic compounds of the tested *Origanum* accessions varied from minimal 71 mg/g to maximal 174 mg/g DM. Considering the level of phenolic compounds in the herbs two groups of *Origanum* accessions could be classified: (1) higher level (mean 152 mg/g) in accessions no 1, 2, 3 and 4 and (2) lower level (mean 99 mg/g) in accessions no. 5, 6, 7 and 8. The content of rosmarinic acid ranged from 10 to 29 mg/g DM. The accession no. 2 (ssp. *viride*, Italy) and no. 7 (ssp. *hirtum*, USA) reached the highest concentration of rosmarinic acid whereas in accession no. 5 (ssp. *virens*, Albania) the lowest rosmarinic acid concentration was found. There was a positive relationship between rosmarinic acid concentration and antioxidative capacity (ORAC). Herb samples with increased rosmarinic acid contents were characterized by highest ORAC values and vice versa.

The *Origanum* plants cultivated under wire house conditions have had significant higher contents of total phenolic acids as well as rosmarinic acids compared to the outside cultivated plants. Furthermore, increased ORAC values were found in herbs of *Origanum* plants originated from the wire house. Generally, it can be concluded that rosmarinic acid in combination with further phenolic compounds occurring in the leaves are mainly responsible for the detected antioxidative capacity by ORAC assay. The finding of lower phenolic and ORAC values of outside-cultivated *Origanum* plants was unexpected. It seems that the specific microclimate conditions represented by higher air temperature led to reduced accumulation of phenolic compounds in the investigated *Origanum* plants.

Literature

- Bolkhina, O. Virolainen E. Fagerstedt K. V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Ann. Bot.* 91, 179-194.
- Exarchou, V., Nenadis, N., Tsimidou, M., Gerothanassis, P., Troganis, A., Boskou, D. 2002. Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from Greek oregano, Greek sage, and Summer savory, *J. Agric. Food Chem.* 50, 5294-5299.
- Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M., Corke, H. 2005. Antioxidant capacity of 26 Spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *J. Agric. Food Chem.* 53 (20), 7749-7759.

Parameterizing APSIM for winter and spring wheat cultivars in the Pannonian climate of eastern Austria

Wolfgang Fuchs, Ahmad M. Manschadi, Reinhard Neugschwandtner,
Hans-Peter Kaul

Department of Crop Sciences, Division of Agronomy, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. E-Mail: wolfgang.fuchs@students.boku.ac.at

Introduction

APSIM (Agricultural Production Systems Simulator, <http://www.apsim.info/>) is a highly advanced crop/cropping system simulation platform for modelling gene-to-phenotype to support crop improvement, exploring agronomic practices for improved crop production and environmental benefits, evaluating management options for adaptation to climate change, and assessing alternative land-use options (Keating et al., 2003; Manschadi et al., 2006). APSIM is capable of simulating the growth and development of more than 20 crop species including wheat (*Triticum aestivum* L.). Similar to other process-based crop models, APSIM needs to be parameterised for important site-specific crop and soil parameters before it can be applied with confidence. Consequently, the objective of this study was to obtain a high-quality and comprehensive field dataset for parameterising APSIM for local winter and spring sown wheat cultivars grown in eastern Austria.

Materials and Methods

The field experiment was conducted at the Raasdorf experimental fields (east of Vienna) of the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. The wheat cultivars *Capo* (winter wheat) and *Xenos* (facultative wheat) were sown at five sowing dates (Sep. 26, Oct. 17, Nov. 7 in 2013 and Mar. 4, and Apr. 1 in 2014) in four replicates in a randomized split-plot design. Plants were fertilised with 120 kg nitrogen (N) ha⁻¹. Due to dry weather conditions, the experiment was irrigated with 25 mm of water in spring 2014.

Four random plants per plot were marked soon after emergence for weekly scoring of phenology as well as leaf and tiller development. Soil water content was also measured at weekly intervals. Sequential destructive crop and soil samples were taken to determine crop biomass, leaf area development, and tissue N concentration as well as soil mineral nitrogen content. The daily weather data were taken from the University's meteorological station at Raasdorf.

Results and Discussion

APSIM was configured to simulate the growth and development of the two contrasting wheat cultivars. In this paper, we present only the calibration of cultivar-specific phenology parameters of APSIM. While the facultative wheat cv. *Xenos* reached the anthesis stage in both spring sowings, the winter cv. *Capo* planted at the last sowing date (April 1, 2014) failed completely the transition to the reproductive phase and only a few plants from the Mar. 4 sowing reached the flowering stage. In APSIM, the cultivar-specific requirements for vernalisation and photoperiod are the key drivers of phenological development. The related parameters in the model were calibrated to match the observed data. Figures 1 and 2 show the simulated vs. observed phenological development of the two contrasting wheat cultivars. For

earlier-sown plants of both cultivars, APSIM tended to underestimate the initiation of tillering, while the simulated crop development after stem elongation, including the time of flowering, agreed well with the observed data. The collected field data on tiller and leaf appearance will be used to improve the phenology simulations. Calibration of phenology parameters is the first step in model parameterisation. For an extended APSIM parameterisation, the model parameters affecting leaf canopy development and yield formation will also need to be parameterised. The comprehensive data set obtained from this field experiment will serve as an excellent basis for reducing the uncertainty in simulation results and improving the accuracy and reliability of APSIM predictions for wheat grown in eastern Austria.

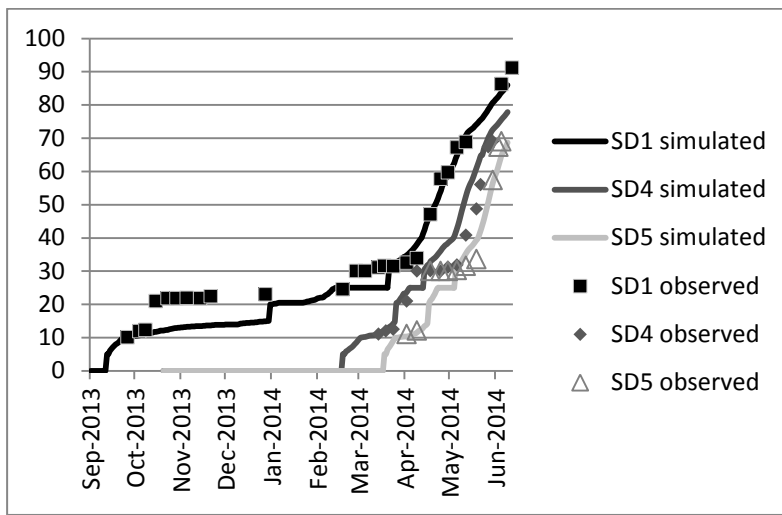


Figure 1: Predicted and observed Zadoks stages of wheat genotype *Xenos* (facultative wheat) sown at Sep 26, 2013 (SD1) and Mar 4 (SD4) and Apr 1 (SD5) 2014 in eastern Austria.

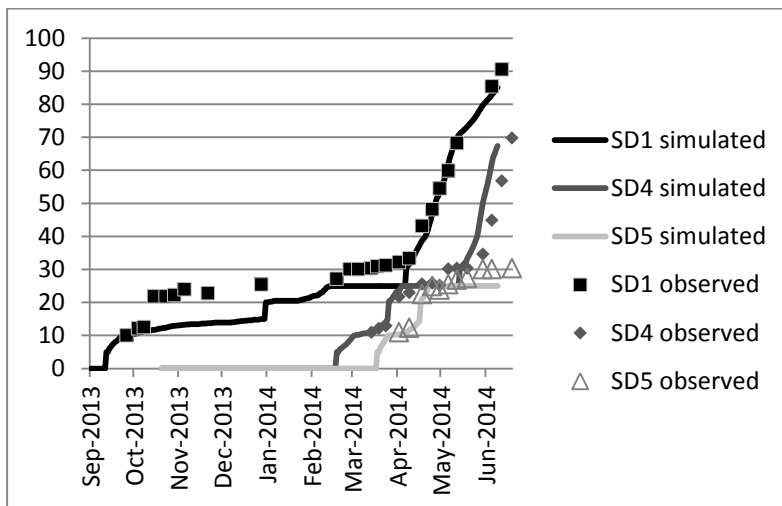


Figure 2: Predicted and observed Zadoks stages of wheat genotype *Capo* (winter wheat) sown at Sep 26, 2013 (SD1) and Mar 4 (SD4) and Apr 1 (SD5) 2014 in eastern Austria.

References

- Keating B.A., Carberry P.S., Hammer G.L., Probert M.E., Robertson M.J., Holzworth D., Huth N.I., Hargreaves J.N.G., Meinke H., Hochman Z. (2003) An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy* 18:267-288.
- Manschadi A.M., Christopher J., deVoi P., Hammer G.L. (2006) The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology* 33:823-837.

Einfluss von Sortenwahl, Bestandsdichte und Bewässerung auf den Betalainertrag von Roter Bete (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*)

Andreas Fricke¹, Lisa Klünker¹, Ralf Schweiggert², Reinhold Carle², Hartmut Stützel¹

¹Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme/Leibniz Universität Hannover, Hannover; ²Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim.
E-Mail: fricke@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Rote Bete (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) ist für die kommerzielle Gewinnung färbender Rote-Betesaftkonzentrate und des Farbstoffs Betanin (E162) hauptsächlich genutzte Kulturpflanze. Die enthaltenen wasserlöslichen und stark färbenden Betalaine werden in der Lebensmittelindustrie insbesondere zur Färbung von schwach-sauren Lebensmitteln (z. B. Fruchtjogurt) eingesetzt.

In dem hier vorgestellten Versuch sollte geprüft werden, inwieweit pflanzenbauliche Maßnahmen wie Sortenwahl, Bestandsdichte und Bewässerung die Betalainkonzentration in den Rüben und den Flächenertrag beeinflussen.

Material und Methoden

In einem Feldversuch wurde der Einfluss der Faktoren Sorte (Akela, Boltardy, Kosak und Forono), Bewässerung (9 und 18 Vol.% Bodenfeuchte) und Bestandsdichte (25 und 100 Pflanzen/m²) auf den Rübenertrag und deren Farbstoffgehalt, -qualität sowie den löslichen Trockensubstanzgehalt untersucht. Zur Einhaltung der Bodenfeuchtevarianten wurde der Bestand durch ein fahrbares Foliengewächshaus vor natürlichem Niederschlag geschützt. Aufgebaut war der Versuch als Spaltanlage mit vier Wiederholungen und dem Faktor Bewässerung als Großparzelle.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorte Boltardy hatte den geringsten Betalaingehalt. Die anderen Sorten unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

In der engen Bestandsdichte zeigten sich höhere Gehalte als in der geringen, auch waren höhere Gehalte in den trocken gehaltenen gegenüber den gut bewässerten Pflanzen zu finden.

Die genannten Kulturmaßnahmen hatten wie erwartet auch einen Einfluss auf die Einzelrübengewichte. So war die Rübentrockenmasse von Boltardy signifikant geringer als die der anderen Sorten. Die hohe Bestandsdichte führte ebenso wie die niedrige Bewässerungsstufe zu signifikant geringeren Einzelrübengewichten.

Die Zusammenführung dieser Ergebnisse zum Betalain-Flächenertrag ergab, dass die höchsten Betalainerträge aus der gut bewässerten Variante mit hoher Bestandsdichte zu erzielen sind, gefolgt von der trocken gehaltenen Variante mit hoher Bestandsdichte, der gut bewässerten Varianten mit niedriger Bestandsdichte und der trocken gehaltenen Variante mit der niedrigen Bestandsdichte.

Die Anbauvariante hohe Bestandsdichte plus gute Bewässerung erzielte mit knapp 25.000 mg Betalain/m² bei allen Sorten den durchschnittlich höchsten Flächenertrag.

Neue Ansätze zur Lösung der Probleme mit der Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln

New approaches to solve the problems with the direct injection of plant protection products

Mathias Krebs, Rautmann Dirk

Julius Kühn-Institut – Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz

Durch die Methoden des „Precision Farming“ im Ackerbau wird eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung des Pflanzenbestandes möglich. Um Überfahrten einzusparen, werden bisher Tankmischungen mit mehreren Pflanzenschutzmitteln eingesetzt. Diese Vorgehensweise ist allerdings für eine teilflächenspezifische Anwendung der Pflanzenschutzmittel nicht möglich. Die Nutzung von Mehrkammerspritzgeräten, wobei hier in jeder Kammer jeweils ein Pflanzenschutzmittel mit Wasser angemischt wird, stellt nicht die Lösung dar, da die Flächenleistung gering ist. Außerdem ist dieses System nicht für den Einsatz von online-Verfahren zur Unkrauterkenntung, z.B. mit dem in der Entwicklung befindlichen H-Sensor geeignet, da die Verbrauchsmengen nicht abgeschätzt werden können und damit die Restmengen in den einzelnen Kammern sehr groß sein können. Als innovative Lösung für diese Probleme wird schon seit längerem die Direkteinspeisung von PSM gesehen, bei der die Pflanzenschutzmittel erst kurz vor der Applikation in den Wasserstrom zudosiert werden. Die technische Umsetzung in praxistaugliche Geräte, welche allen Anforderungen an Dosierung, Reaktionszeit, Reinigung und Restmengenentsorgung erfüllen ist eine große Herausforderung. Der Vortrag zeigt die Lösungsansätze, welche im Rahmen eines Verbundprojekts zwischen der Firma Herbert Dammann GmbH und dem Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts erarbeitet wurden auf.

Es wurde ein Prototyp entwickelt, der die Möglichkeit bietet, drei verschiedene Pflanzenschutzmittel über Direkteinspeisung zu applizieren. Dazu verfügt das Gerät über drei Direkteinspeiseeinheiten, wobei jede Einheit einem eigenen Spritzsystem, bestehend aus Pumpe, Armatur und Düsenleitung zugeordnet ist. Der Tank des Prototyps ist in fünf Kammern unterteilt, ein Behälter für jedes der drei Systeme für die Trägerflüssigkeit (im Normalfall Wasser) und zusätzlich einen Frischwassertank und einen Spülwasserauffangtank. Der Prototyp bietet außerdem die Möglichkeit in System I konventionelle Tankmischungen an-zumischen, womit auch eine Verwendung von nicht flüssig formulierten Pflanzen-schutzmitteln ermöglicht wird. Dazu verfügt dieses System über eine Einspülschleuse und ein Rührwerk im Behälter.

Um Verzögerungszeiten im Zusammenhang mit der Direkteinspeisung zu minimieren, steht in den Düsenleitungen immer die voreingestellte Pflanzenschutzmittelkonzentration zur Verfügung. Die Vorladung wird dadurch erreicht, dass die Düsenleitungen als Ringspüleleitungen ausgelegt sind welche geschlossen werden können. Sobald die Düsen geöffnet werden wird das Pflanzenschutzmittel auch appliziert. Die Spülflüssigkeit welche beim Vorladen, bis die Sollkonzentration erreicht ist, entsteht wird in den Spülwasserauffangtank geleitet. Die in diesem Tank gesammelten Flüssigkeiten werden auf der Behandlungsfläche ausgebracht. In Feldversuchen soll geprüft werden, wie praxistauglich das „Vorladen“ der Düsenleitungen und der geplante Umgang mit den Spülflüssigkeiten ist. Über erste praktische Erprobungen und deren Ergebnisse wird berichtet. Auch die Bedienerfreundlichkeit, Handhabbarkeit und der Ausschluss von Fehlbedienungen werden untersucht.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Entwicklung und Optimierung einer Präzisionssämaschine für Heil- und Gewürzpflanzen (Feinsämereien)

Zoltan Gobor¹, Heidi Heuberger² und Rudolf Rinder²

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising;

²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising
E-Mail: zoltan.gobor@LfL.bayern.de

Einleitung

Viele Heil- und Gewürzpflanzenkulturen werden über Aussaat ins Feld etabliert, wobei für einige Arten eine Weiterentwicklung oder Optimierung des Aussaatverfahrens gewünscht ist, um eine effizientere Produktion zu gewährleisten. Besonders im Versuchswesen ist eine präzise und modulare Sätechnik erforderlich, die den Einsatz bei möglichst vielen Kulturarten erlaubt. Die langjährigen Praxiserfahrungen an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) mit der Aussaat von Heil- und Gewürzpflanzen weisen auf Verbesserungspotenziale hin.

Besondere Herausforderung bei der Direktsaat von Heil- und Gewürzpflanzen stellen höchst unterschiedliche Korngrößen, Tausendkorngewichte (TKG), Aussaatstärken, Formen und Oberflächen der Samen dar. Um möglichst viele Fragestellungen im Versuchswesen bezüglich der Optimierung des Aussaatverfahrens beantworten zu können, ist ein modularer Aufbau von Sämaschinen, gewünscht. Versuche unter Feldbedingungen unterstreichen die Bedeutung der exakten Tiefenführung als einen wichtigen Parameter für den optimalen Feldaufgang (Ziegler et al. 2012; Meinhold et al. 2013). Hierzu ist eine automatische Anpassung an Bodenunebenheiten erforderlich, die von der Sämaschine realisiert werden sollte. Darüber hinaus sollten die Reihenzahlen und Reihenabstände variabel einstellbar sein.

Die Aussaatversuche von feinkörnigen Heil- und Gewürzpflanzen mit Standardsämaschinen erbrachten keine zufriedenstellenden Ergebnisse und bestätigten die Abhängigkeit des Pflanzenabstands in der Reihe von der Fahrgeschwindigkeit (Meinhold et al, 2013). Aus diesen Gründen wurde im Rahmen eines Projekts eine neue Lösung konzipiert und realisiert.

Material und Methoden

Die neuentwickelte Lösung basiert auf aktuellen und bewährten Komponenten. Das Ziel war ein hoch modulares System zu entwickeln, das eine präzise Tiefenablage und Systemanpassungen für verschiedene Aussaatverfahren ermöglicht.

Die neuentwickelten Module wurden an das Grundgestell einer bestehenden Gemüsesämaschine für Feinsämereien (Gaspardo) angepasst. Eine Elektrifizierung der Aussaat durch die Implementierung eines elektrischen Antriebs zum Betreiben des Bandverteilers wurde angestrebt, um die Verluste des teuren Saatguts zu minimieren, eine höhere Genauigkeit bei der Längsverteilung zu erreichen, sowie die Dokumentation bei der Aussaat von Versuchspartzen zu verbessern. Als Säkörper wurden die in der Praxis bewährten Doppelscheibenschare der Firma Lemken gewählt.

Ein digitaler Prototyp des Säaggregats wurde erstellt, optimiert und die Simulationen ermöglichten eine Untersuchung der Eigenschaften unter unterschiedlichen Bedingungen. Ein mechanisch angetriebenes Funktionsmuster wurde gebaut, unter Praxisbedingungen erprobt und mit dem herkömmlichen Scharsystem verglichen.

Anschließend wurden die elektrische Antriebe, die Sensoren und die Steuerung ausgewählt, um die Dosiersysteme elektrisch anzutreiben.

Ergebnisse

Das neuentwickelte Säaggregat besteht aus einem Grundrahmen (8), der über die Adapterplatte (10) an der Gaspardo Montagewiseite leicht an- und abgebaut werden kann. An dem Grundrahmen ist die verstellbare Halterung (1) des Bandverteilers (Wintersteiger) (2), die einen passiven (selbstregulierenden) Ausgleich der Hangneigung ermöglicht, und eine Aushebevorrichtung (7) montiert. (siehe Abbildung 1).

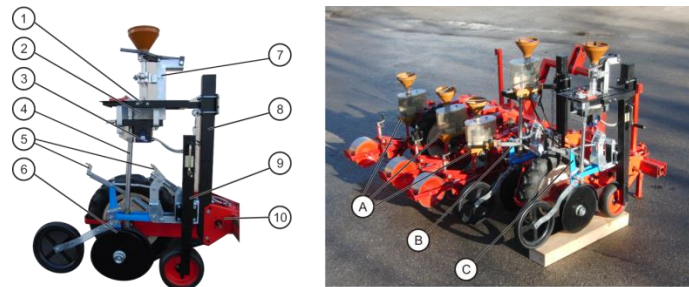


Abbildung 1. Das neuentwickelte Säaggregat für Heil- und Gewürzpflanzen (Feinsämereien) der LfL (links im Bild); Sämaschine für Heil- und Gewürzpflanzen –Säaggregate original Gaspardo (A); Säaggregat der LfL mit Kettenantrieb (B); Säaggregat der LfL mit Elektroantrieb (C) (rechts im Bild)

Der Bandverteiler wird mechanisch über Kettenantrieb beziehungsweise über einen Elektromotor (3) angetrieben. Die Körner bewegen sich durch das Fallrohr (4) zum Doppelscheibenschar (6), das über einen Parallelogramm-Mechanismus mit dem Grundrahmen (8) verbunden ist. Zusätzliche Funktionalitäten des Parallelogramms ermöglichen eine manuelle Anpassung der Sätiefe und des Schardrucks (5) und eine leichte Anpassung bei der Aussaat auf flachen Boden als auch im Dammanbau bei unterschiedlichen Dammhöhen. Eine vorlaufende Andruckrolle (9) gewährleistet eine optimale Vorverdichtung der Säspur. Die entwickelte Steuerung basiert auf einem sbRIO Controller (National Instruments), der mit LabVIEW programmiert wurde. Die Geschwindigkeit der Elektroantriebe (Nanotec) wird basierend auf der Fahrgeschwindigkeit und Länge der Versuchspartzele errechnet.

Fazit

Der digitale Prototyp ermöglichte sowohl die Funktionsprüfung der neu entwickelten Mechanismen und Baugruppen, als auch Kollisionsanalysen. Mögliche Konstruktionsfehler wurden durch die Analyse mit dem digitalen Prototyp minimiert und die Zeit für die Entwicklung und des Zusammenbaus deutlich verkürzt. Die ersten Tests zeigten einen hohen Stabilitäts- und Robustheitsgrad der Mechanik und dienten als Grundlagen für die Weiterentwicklung und Elektrifizierung des Prototyps. Die Elektrifizierung basiert auf einem softwareorientierten und modularen Ansatz mit off-the-shelf wiederverwendbaren Komponenten, womit die Effizienz des Systemdesigns deutlich vereinfacht wurde.

Literatur

- Meinhold, T., Blum, H., Budde, M., Damerow, L., Schulze Lammers, P. 2013 Partial Process-Analysis of the Sowing Process for Fine Seeds. Conference proceedings Land.Technik AgEng 2013, 8.9. Nov 2013 Hannover, ISSN 0083 5560, p 189-195
- Ziegler K, Göbel E, Schmittmann O, Schulze Lammers P. 2012 Precision seed drill tests in Germany 2009-2011 International sugar journal 114/1367 p 795-803

Autorenverzeichnis

| | | | |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Adam C..... | 62 | Dänicke S. | 174 |
| Ahrens T..... | 110 | Dannehl T..... | 284, 286 |
| Aliu S..... | 310 | de Moor S..... | 188 |
| Alpmann D..... | 220 | Deim F..... | 114 |
| Andres M..... | 36 | Deix W..... | 16 |
| Angulo C..... | 202 | Demmel M..... | 12 |
| Anken T..... | 168 | Desalegn G..... | 210 |
| Arnold T..... | 290 | Döring T.F..... | 44, 100, 226 |
| Assinger T..... | 120 | Doro L..... | 92 |
| Bach M..... | 92 | Drobek T..... | 42 |
| Bärwolff M..... | 56 | Eberl V..... | 252, 254 |
| Bauhardt J..... | 182 | Ebertseder T..... | 238 |
| Baumecker M..... | 112 | Ebrahimi E..... | 240 |
| Bednorz D..... | 68, 274 | Eckersten H..... | 92 |
| Bender J..... | 172 | Eckstein R.L..... | 180 |
| Biegemann T..... | 152, 296 | Ehret M..... | 52, 250 |
| Bischoff J..... | 20, 68, 274 | Eigner H..... | 120, 124 |
| Blumauer E..... | 58 | Elezi F..... | 310 |
| Bodner G..... | 8, 28, 290 | El-Jellouli A..... | 128 |
| Böhm C..... | 54, 264 | Ellmer F..... | 22, 34, 44, 70, 100, 112 |
| Böhm H..... | 102 | Enders A..... | 92 |
| Böhm K..... | 208 | Enders M..... | 172 |
| Böttcher U..... | 78 | Erbs M..... | 172, 174 |
| Böttinger S..... | 4 | Euteneuer P..... | 206 |
| Brandhuber R..... | 12 | Ewert F..... | 88, 90, 92 |
| Brauer-Siebrecht W..... | 30, 32 | Fahlbusch W..... | 254 |
| Braun J..... | 220 | Feger G..... | 270 |
| Breuer J..... | 62 | Felder H..... | 46 |
| Brock C..... | 282, 284, 286 | Feuerstein U..... | 256, 258 |
| Brunhuber C..... | 206 | Fischer B..... | 238 |
| Bryzinski T..... | 234 | Fischer N..... | 70 |
| Buchgraber K..... | 116 | Flamm C..... | 40 |
| Bühle L..... | 186, 262 | Flessa H..... | 36, 190 |
| Bull I..... | 94 | Forster F.J..... | 204 |
| Bunk A..... | 18 | Förster K..... | 256, 258 |
| Bunne I..... | 306 | Freese D..... | 54, 264 |
| Bussink D.W..... | 130 | Freyer B..... | 288 |
| Carle R..... | 320 | Fricke A..... | 144, 320 |
| Casellas E..... | 92 | Fricke T..... | 292, 302 |
| Černý J..... | 242, 244 | Friedel J.K..... | 214, 288 |
| Chappuis A. von..... | 248 | Fritz M..... | 252, 254, 260 |
| Chen T.-W..... | 84 | Fuchs W..... | 318 |
| Chmelíková L..... | 238, 268 | Fuß R..... | 36, 38, 64 |
| Chovancová S..... | 240 | Gaiser T..... | 90, 92 |
| Christen O..... | 68, 182, 230, 274 | Gansberger M..... | 184 |
| Claupein W.... | 196, 232, 300, 308, 312, 314 | Garlipp F..... | 64 |
| Constantin J..... | 92 | Gaudchau M..... | 108 |
| | | Geipel J..... | 300 |

| | | | |
|-------------------------|---|----------------------|---|
| Gobor Z. | 323 | Kautz T. | 90 |
| Gollner G. | 214, 218 | Kersebaum K.-C. | 92 |
| Götz K.-P. | 44 | Kesenheimer K. | 36 |
| Grabendorfer S. | 134, 278 | Kiese R. | 92 |
| Graß R. | 52, 176, 178, 250 | Kirchmeier H. | 12 |
| Griepentrog H.W. | 163 | Klatt S. | 92 |
| Gröblichhoff F.-F. | 128, 200 | Klavács B. | 228 |
| Grosz B. | 92 | Klepatzki J. | 34 |
| Gruber S. | 312, 314 | Klik A. | 16 |
| Grüter M. | 22 | Klünker L. | 320 |
| Gunina A. | 60 | Kluß C. | 152, 270, 296, 304, 306 |
| Haas E. | 92 | Knebl L. | 282 |
| Habkuß A. | 172 | Knechtges H. | 236 |
| Haensch J. | 194 | Koblenz B. | 182, 230, 274 |
| Hall R. | 208 | Koch H.-J. | 30, 32, 74, 77, 118, 212, 216, 276 |
| Handler F. | 58 | Koci A. | 310 |
| Hartmann A. | 260 | Koebke S. | 36 |
| Haubold-Rosar M. | 66 | Köhler A. | 268 |
| Hauer M. | 118 | Köhn W. | 100 |
| Hecht A.-S. | 110 | Köller K. | 18 |
| Hegewald H. | 36 | Komainda M. | 304 |
| Heinzinger M. | 288 | Köpke U. | 1, 90 |
| Hensgen F. | 180, 188, 262 | Koschier E. | 218 |
| Hermann W. | 232 | Krauss G. | 92 |
| Herrmann A. | 106, 270, 304 | Krebs M. | 321 |
| Heuberger H. | 323 | Krieger J. | 70, 112 |
| Hoffmann C. | 75, 77, 80, 82 | Kriegner S. | 104 |
| Hoffmann H. | 92 | Kücke M. | 62 |
| Hollberg J.L. | 294 | Kuhnert M. | 92 |
| Holpp M. | 168 | Kulhánek M. | 244 |
| Honermeier B. | 96, 132, 192, 280, 316 | Kupisch M. | 88 |
| Höppner F. | 110 | Küpper P.M. | 90 |
| Horn D. | 276 | Laidig F. | 42 |
| Huang S. | 312 | Lamersdorf N. | 60 |
| Huber J. | 268 | Langensiepen M. | 88 |
| Hubert S. | 176, 178, 236 | Laufer D. | 216 |
| Hufnagel J. | 86, 182 | Lausen P. | 270 |
| Hülsbergen K.-J. | 38, 204, 234, 238, 268 | Lehmann M. | 230 |
| Hüther L. | 174 | Leithold G. | 282, 284, 286 |
| Jacobs A. | 30, 32 | Leitner R. | 290 |
| Jerrentrup J.S. | 140 | Lemme H. | 276 |
| Jung L.S. | 56 | Lemmens M. | 46, 310 |
| Kage H. | 36, 78 | Lewan E. | 92 |
| Kahlen K. | 84 | Liebhard P. | 26, 114, 116, 120, 124, 184, 206, 244, 266 |
| Kalus J. | 96 | Link J. | 300, 308 |
| Kamptner J. | 26 | Link-Dolezal J. | 232 |
| Kanzler M. | 54, 264 | Loel J. | 75, 77, 82 |
| Kaul H.-P. | 8, 28, 104, 206, 208, 210, 228, 240, 242, 244, 290, 310, 318 | Loges R. | 152, 296, 306 |

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Lu J..... | 268 | Rex M. | 62 |
| Maidl F.-X. | 38, 72, 298 | Rexhepi B. | 310 |
| Makary T..... | 198 | Rinder R..... | 323 |
| Manderscheid R. | 174, 194 | Roggero P.P. | 92 |
| Manschadi A.M..... | 228, 318 | Rohn S..... | 220 |
| Märländer B. | 30, 32 | Ros G.H..... | 130 |
| Maximilian S. | 62 | Rosner J. | 16 |
| Mayr J..... | 114, 184 | Roß C.-L..... | 44 |
| Mechtler K. | 46 | Roßberg R. | 248 |
| Meers E. | 188 | Rötter R. | 92 |
| Meissner R. | 68, 274 | Rücknagel J. | 182, 274 |
| Meyer U. | 42 | Rudolph S..... | 88 |
| Michaelis A.H..... | 198 | Ruoss N.H.-R..... | 190 |
| Mitterbauer E. | 172 | Rupp H. | 68 |
| Müller M..... | 196 | Russo M..... | 132 |
| Müller T..... | 198 | Sadeghi A. | 280 |
| Munz S. | 148 | Safari H..... | 292 |
| Mursch-Radlgruber E. | 40 | Sander G. | 216 |
| Muskolus A. | 112 | Sauer B..... | 254 |
| Nagel F..... | 256, 258 | Schäfer B.-C. | 190, 200, 220 |
| Nendel C..... | 92 | Schellberg J. | 294 |
| Neugschwandtner R. | 104, 206, 208, 240, 242, 244, 318 | Schenderlein A. | 174 |
| Nurk L. | 176, 178 | Scheriau S. | 46 |
| Oberforster M. | 50 | Schlinker G. | 216 |
| Oberländer A. | 272 | Schmid H. | 204, 238, 268 |
| Ohl S. | 82 | Schmittmann O. | 126 |
| Olischewsky A. | 316 | Schnepel K. | 80 |
| Ordon F. | 172 | Schrabauer J. | 116 |
| Otte A. | 180 | Schröder F..... | 270 |
| Pachtrog V..... | 244 | Schrödter M. | 20, 68, 274 |
| Pekrun C..... | 18, 176, 178, 236 | Schulz H. | 222 |
| Perkons U..... | 90 | Schulz R. | 198 |
| Pezzolla D. | 58 | Schulze Lammers P..... | 126 |
| Pflugfelder M. | 232 | Schulze S..... | 212 |
| Piepenschneider M..... | 186, 188 | Schweiggert R. | 320 |
| Piepho H.-P. | 18, 42 | Schweinzer A..... | 288 |
| Pößneck J..... | 156 | Severin M..... | 64 |
| Poyda A. | 296 | Shafiee-Hajiabad M. | 316 |
| Räbiger T..... | 36 | Shala-Mayrhofer V..... | 310 |
| Rademacher A..... | 66 | Siebert S..... | 92 |
| Rauchberger E. | 124 | Sigl G..... | 120, 124 |
| Rautmann D. | 321 | Simon M.P. | 180 |
| Raynal H..... | 92 | Söll P. | 308 |
| Reddersen B..... | 302 | Sommer H..... | 98, 222, 224, 246 |
| Reents H.J..... | 204 | Sosa C. | 92 |
| Refenner J. | 124 | Specka X. | 92 |
| Reibe K..... | 44 | Spicker A. | 72, 298 |
| Reinsdorf E..... | 74, 77, 82 | Stadler A..... | 88 |
| Reiter E..... | 46 | Stein S. | 48 |
| | | Steinmann H.-H. | 24, 48 |

| | | | |
|-----------------------|-------------------------|--|---------------|
| Stemann J. | 62 | Vollmann J. | 228 |
| Stephan H. | 78, 82 | Vondráčková S. | 242 |
| Stockfisch N. | 82, 122, 272 | Wachendorf M. 52, 176, 178, 180, 186, 188, 250, 262, 292, 302 | |
| Stockmann F. | 254 | Wagentristl H. | 206, 242, 244 |
| Strauss P. | 26 | Wallach D. | 92 |
| Strer M. | 86, 106 | Wang E. | 92 |
| Stültgens C. | 314 | Weber E.A. | 196, 312, 314 |
| Stumpf B. | 192 | Weigel H.-J. | 172, 174, 194 |
| Stützel H. | 84, 144, 202, 320 | Weinhappel M. | 184 |
| Suarez T. | 36 | Weiß K. | 18 |
| Sundrum A. | 98, 222, 224 | Well R. | 64, 190 |
| Surböck A. | 288 | Wellacher M. | 266 |
| Svoboda N. | 86, 106, 182 | Werteker M. | 50 |
| Száková J. | 242, 244 | Weyer T. | 128 |
| Tao F. | 92 | Wienkoop S. | 210 |
| Tariq A. | 60 | Wiese A. | 24 |
| Taube F. | 152, 270, 296, 304, 306 | Wiese F. | 68 |
| Tauchnitz N. | 20, 68, 274 | Wieser H. | 174 |
| Techow E. | 270 | Wirwahn J.A. | 300 |
| Teixeira E. | 92 | Wittmann C. | 256, 258 |
| Thoma W. | 266 | Wohlmuth M.-L. | 218 |
| Tlustoš P. | 242, 244 | Wolfrum S. | 268 |
| Trimpler K. | 122, 272 | Würfel T. | 18 |
| Trittinger S. | 228 | Yan F. | 96, 192, 316 |
| Turetschek R. | 210 | Yeluripati J. | 92 |
| Übelhör A. | 136 | Zechmeister-Boltenstern S. | 28 |
| Uteau D. | 90 | Zhao G. | 92 |
| van Bussel L. | 92 | Zhao Z. | 92 |
| Van den Weghe H. | 62, 64 | Ziegler K.V. | 104 |
| Vetter A. | 56 | Zutz K. | 144 |
| Vinzent B. | 38 | Zvorykina A. | 268 |
| Vittek M. | 294 | | |
| Vogel H. | 22 | | |