Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 27

Multifunktionale Agrarlandschaften -
Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen

58. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher
Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Präsident: Prof. Dr. H. Kage
Geschäftsführer: Dr. K. Sieling

Geschäftsstelle:
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Acker- und Pflanzenbau
Hermann-Rodewald-Str. 9
24118 Kiel
Telefon: 0431/880 3444
E-Mail: sieling@pflanzenbau.uni-kiel.de

58. Jahrestagung der

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

22. bis 24. September 2015

Braunschweig

Multifunktionale Agrarlandschaften - Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber:
H. Kage, K. Sieling
und L. Francke-Weltmann
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Verlag Liddy Halm
Göttingen 2015

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: Multifunktionale Agrarlandschaften - Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen

Stamp, P.: Biodiversität und Produktivität im Ackerbau 1

Isselstein, J.: Produktivität und Biodiversität im Grünland? 5

Seppelt, R. *et al*.: Agricultural Production and Biodiversity: A global perspective 9

Dauber, J.: Ökologische Konzepte zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Produktionssystemen 13

Parallelsektion NaWaRo

Eckner, J., M. Glemnitz, J. Aurbacher, M. Heiermann, T. Graf, K. Winter: Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertungen von Energiepflanzenfruchtfolgen - Ergebnisse aus dem EVA- Verbund 17

Schoo, B., S. Schroetter, U. Böttcher, H. Kage, S. Schittenhelm: Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Durchwachsenen Silphie 19

Sauer, T., M. Reckling, J. Hufnagel: Einfluss von Bodenbearbeitung und Beregnung auf pflanzenbauliche Parameter einer diversen Energiepflanzen-Fruchtfolge im Vergleich zu Mais-Selbstfolge 21

Winzer, F., C.-P. Witzel, T. Kraska, R. Finger, R. Pude: Möglichkeiten der Kaskadennutzung von Miscanthus zur Erhöhung der Ressourceneffizienz 23

Nurk, L., L. Bühle, M. Wachendorf: Abbaudynamik verschiedener organischer Inhaltsstoffe von Mais-, Sonnenblumen- und Sorghumsilage bei der anaeroben Vergärung 25

Parallelsektion Leguminosen & Ökolandbau

Zerhusen-Blecher, P., D. Kramps-Alpmann, S. Rohn, J. Braun, B.C. Schäfer: Ergebnisse einer Analyse des konventionellen Anbaus von Körnerleguminosen in landwirtschaftlichen Betrieben 27

Castell, A., T. Eckl, E. Heiles, P. Urbatzka: Vorfruchtwirkung unterschiedlicher Leguminosenarten, –anteile und deren Nutzung auf Winterweizen in einem Dauerfeldversuch 29

Urbatzka, P., A. Rehm, T. Eckl, G. Salzeder: Auswirkung der Futterleguminosenart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag von Winterweizen im ökologischen Landbau 31

Scheffler, S., K. Schmidtke: Entwicklung und Erprobung eines neuartigen, aus dem ökologischen Landbau stammenden stickstoffreichen Düngemittels für den ökologischen Gemüsebau 33

Sommer, H., A. Sundrum: Systemleistungen feinsamiger Leguminosen unter Berücksichtigung ihres Futterwertes für Monogastrier 35

Parallelsektion Agroforst I

Bellingrath-Kimura, S.D., Y. Kobata, M. Yamada, I.A. Guerrini, H.M. Umemura, D.A. dos Santos: Nährstoffkreisläufe und Produktivität in Sukzessions-Agroforestry-Systemen in Tomé-Açu, Pará, Brasilien 37

Stiehm, C., M. Hofman, A. Janßen, W. Kurth, J. Nagel: Ergebnisse des ProLoc Verbundvorhabens Projektphase II - Implementierung eines Wachstumssimulators basierend auf der Modellierung der Klon-Standort-Wechselwirkung bei Pappel und Weide im Kurzumtrieb 39

Schmidt, M., D. Murach: Wassernutzungseffizienz von Gehölzpflanzen im Kurzumtrieb auf Ackerstandorten in Brandenburg 41

Koim, N., D. Murach: Kurzumtriebsplantagen auf Grenzertragsstandorten: Erträge, Nährstoffhaushalt, Potenziale und Einschränkungen 43

Lamersdorf, N., E. Veldkamp: N-Bilanzen und Nutzungseffizienzen von Kurzumtriebsplantagen mit Pappel und Weide – Initiale Ergebnisse agroforstlicher Anwendungen und Ausblick auf erweiterte Untersuchungsansätze 45

Parallelsektion Klimawandel I

Siebert, S., F. Ewert, E.E. Rezaei: Durch Extremwetter hervorgerufene Ertragsanomalien variieren räumlich, zeitlich und auch zwischen Feldfrüchten 47

Dier, M., R. Manderscheid, J. Sikora, M. Erbs, H.-J. Weigel: Prozessanalyse zur Senkung der Kornprotein-Konzentration bei Winterweizen durch CO_2-Anreicherung 49

Luig, A., R. Manderscheid, M. Erbs, A. Ratjen, H.-J. Weigel, H. Kage: Wie beeinflussen erhöhte CO_2-Konzentrationen (FACE) und temporär erhöhte Bestandestemperaturen (T-FACE) sowie deren Interaktion die Ertragsphysiologie von Winterweizen? – Ergebnisse eines Feldversuches 51

Yan, F., J. Kalus, J. Herrmann, U. Köhn, B. Honermeier: Wirkung von Wassermangel auf Kornertrag und Samenqualität verschiedener Sojasorten (*Glycine max* (L.) Merr.) 53

Rezaei, E.E., S. Siebert, F. Ewert: Climate change effects on intensity of heat stress in winter wheat 55

Parallelsektion Nährstoffmanagement

Hegewald, H., B. Koblenz, M. Wensch-Dorendorf, O. Christen: Einfluss der Anbauintensität und der Stickstoffdüngung auf die Produktivität von Winterraps im Mitteldeutschen Trockengebiet 57

Federolf, C.-P., M. Westerschulte, H.-W. Olfs, D. Trautz: Gülleunterfußdüngung zu Silomais in Nordwestdeutschland 59

Ross, C.-L., V. Wilken, S. Krück, K. Sensel-Gunke, F. Ellmer: Wirkung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung 61

Sadeghi, A., B. Honermeier: Effect of different mineral and organic fertilization on soil parameters and seed yield formation of summer barley in a long term field experiment 63

Stumpf, B., F. Yan, B. Honermeier: Einfluss der N-Düngung auf Gesamtphenole in Weizenkaryopsen 65

Parallelsektion Modellierung

Feike, T.: A review of yield gap analysis in the context of sustainable intensification of crop production 67

Hoffmann, H., G. Zhao, T. Gaiser, F. Ewert: Analyse von Aggregierungsmethoden für großskalige Ertragssimulationen 69

Lindemann-Zutz, K., M. Adler, A. Fricke, H. Stützel: ProgKOLI, Praxistest und Anwendung eines Java basierten Simulationsprogramms zur Anbau- und Ernteplanung bei Brokkoli 71

Osei-Kwarteng, M., H. Stützel: Estimating base temperature and phyllochron for leaf appearance in amaranths *(Amaranthus* spp L.)..... 73

Werner, M., H.-H. Steinmann: Boden und Bodenbearbeitung: Was messen Forscher und was wissen Landwirte? 75

Parallelsektion Agroforst II

Kanzler, M., C. Böhm, J. Mirck, D. Freese: Variabilität des Mikroklimas im Einflussbereich der Gehölzstreifen eines Agroforstsystems..... 77

Lamerre, J., K.-U. Schwarz, M. Langhof, J.-M. Greef: Strukturelle Vielfalt und Produktivität in Agroforstsystemen..... 79

Masur, D., M. Bärwolff, L. Jung, J. Dauber: Die Rolle verschiedener Energiegehölzarten für funktionale Biodiversität in Kurzumtriebs-Agroforstsystemen..... 81

Böhm, C., M. Kanzler, J. Mirck, D. Freese: Effekte agroforstlicher Wirtschaftsweisen auf die Grundwasserqualität von Ackerstandorten..... 83

Busch, G.: Agrarholz als Bindeglied zwischen Pflanzenbau, Ökosystemdienstleistungen und Klimaschutz – Multikriterielle Bewertung an Fallbeispielen aus dem Landkreis Göttingen*

Parallelsektion Klimawandel II

Svoboda, N., J. Hufnagel: Weniger Wasser für den Silomais – Auswirkungen des Klimawandels auf die Silomaisproduktion in Norddeutschland..... 85

Strer, M., N. Svoboda, A. Herrmann: Veränderung der Häufigkeit widriger Witterungsbedingungen zu sensitiven Entwicklungsphasen des Weizenanbaus in Norddeutschland 87

Webber, H., G. Zhao, J. Wolf, W. Britz, W. de Vries, T. Gaiser, H. Hoffmann, F. Ewert: Müssen Stickstoffdüngung und Bewässerung bei der Abschätzung von Effekten des Klimawandels berücksichtigt werden?..... 89

Räbiger, T., U. Böttcher, H. Kage: Modellgestützte Quantifizierung indirekter Lachgasemissionen einer typischen Rapsfruchtfolge..... 91

Klepatzki, J., J. Zimmer, F. Ellmer: Treibhausgasminderung auf Sandböden: Einfluss differenzierter N-Düngung..... 93

Parallelsektion Biodiversität

Wagener, F., J. Böhmer, S. Wangert: Aktivierung landwirtschaftlicher Betriebe für den Ausbau multifunktionaler Agrarlandschaften – Fallbeispiele aus der Agrarstruktur verschiedener Landschaften in Deutschland 95

Stein-Bachinger, K., M. Rühs, F. Gottwald: Möglichkeiten gesamtbetrieblicher Honorierung von Naturschutzleistungen der Landwirtschaft am Beispiel ökologisch bewirtschafteter Betriebe..... 97

Döring, T.F., S. Roye, K. Schweitzer, M. Baumecker, F. Ellmer: Einfluss des Boden-pH-Wertes auf Artenreichtum und Artenzusammensetzung der Segetalflora nach langjährig unterschiedlicher Bewirtschaftung..... 99

Eichler-Löbermann, B., C. Brandt, P. Stahn, S. Busch, T. Prange, R. Uptmoor: Mischanbau mit Leguminosen zur effizienten Nutzung von Phosphor und Stickstoff 101

Glemnitz, M., R. Platen: Bedeutung der Fruchtartenwahl für die Biodiversität in Energiefruchtfolgen und den von der Biodiversität getragenen Ökosystemfunktionen 103

Parallelsektion Umweltanalyse

Köstner, B., T. Grünwald, C. Bernhofer: CO_2-Austauschmessungen über Agrarflächen als Unterstützung für den Pflanzenbau 105

Kupisch, M., M. Langensiepen, A. Stadler, F. Ewert: Analysis and modelling of spatio-temporal patterns of CO_2 and H_2O fluxes in relation to crop growth under field conditions 107

Köhler, A., S. Wolfrum: Beeinflusst die Landschaft die Regenwurmpopulation auf landwirtschaftlich genutzten Flächen - Landschaftsstrukturmaße als Indikatoren funktionaler Diversität 109

Hufnagel, J., V. Hammes, J. Isselstein, M. Kayser, R. Nuske, N. Svoboda, P. Zander: Exemplarische Umsetzung der dunkelgrünen Biodiversitätsmaßnahme „Naturschutzbrache“ in vier landwirtschaftlich geprägten Regionen des Norddeutschen Tieflandes..... 111

Grant, K., R. Siegmund, M. Wagner, C. Kluß, A. Herrmann, F. Taube, S. Hartmann: Regionalisierte Erfassung von Nutzungsintensitäten im Grünland mittels Radartechnik 113

Parallelsektion Zuckerrübe

Jacobs, A., W. Brauer-Siebrecht, O. Christen, P. Götze, J. Rücknagel, H.-J. Koch: Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion auf hoch produktiven Standorten – Erträge und Treibhausgasemissionen aus Feldversuchen..... 115

Auburger, S., A. Jacobs, E. Bahrs: Die regionalisierte Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe für die Biogasproduktion aus ökonomischer und ökologischer Perspektive in Deutschland 117

Götze, P., J. Rücknagel, A. Jacobs, H.-J. Koch, O. Christen: Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion auf hoch produktiven Standorten - Auswirkungen auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit 119

Laufer, D., B. Loibl, G. Schlinker, F. Schmitz, H.-J. Koch: Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben auf Löss-geprägten Standorten in Deutschland 121

Schulze, S., H.-J. Koch: Einfluss der Bodenstruktur auf den *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) und Quantifizierung des *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden mittels real-time PCR 123

Parallelsektion Nachhaltige Produktionssysteme

Schumann, D., F. Stockmann, M. Fritz: Auflockerung von Fruchtfolgen durch Kulturen mit kurzer Vegetationszeit 125

Merker, C., B.C. Schäfer: Erfahrungen mit dem Clearfield-Anbausystem – Ergebnisse aus dem UFOP-Modellanbau..... 127

Kautz, T., D. Zemke, M. Athmann, U. Köpke: Wurzellängendichte von Sommergerste nach Anbau verschiedener perennierender Futterpflanzen mit unterschiedlicher Wurzelarchitektur 129

Gaudchau, M.: Fungizidstrategien im Winterweizen mit reduzierten Applikationen 131

Kühling, I., N. Bome, D. Trautz: Effekte der Saatgutimpfung bei Sojabohnen (*Glycine max* L.) unter den Anbaubedingungen Westsibiriens 133

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Hauer, M.: Tolerance to *Heterodera schachtii* in sugar beet due to enhanced use of water and nitrogen? 135

Safari, H., T. Fricke, M. Wachendorf: The potential of ultrasonic and hyper-spectral sensor combination for the estimation and mapping of pasture biomass 139

Chen, T.-W., K. Kahlen, H. Stützel: Strukturelle und funktionale Limitierungen der Bestandesphotosynthese unter Salzstress 143

Biernat, L., C. Kluß, R. Loges, F. Taube: Ökoeffizienz des ökologischen und konventionellen Marktfruchtbaus - ein konzeptioneller Beitrag zur Bewertung von Landnutzungssystemen“ 147

Wolfrum, S.: Innovative Methoden zur Analyse der Wirkungen ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf die Regenwurmdiversität 151

Weymann, W., U. Böttcher, H. Kage: Modellbasierte Analyse von pflanzen-baulichen und genotypischen Potenzialen zur Verbesserung der N-Aus-nutzung und Ertragsbildung von Winterraps 155

Postersektion 1

Pietzner, B., J. Rücknagel, B. Koblenz, M. Grunert, A. Schmidt, O. Christen: Ein-fluss unterschiedlicher Applikationsverfahren von mineralischen Düngemitteln auf die N_2O- und NH_3-Emissionen 159

Bednorz, D., N. Tauchnitz, J. Bischoff, M. Schrödter, B. Koblenz, J. Rücknagel, H. Rupp, O. Christen, R. Meissner: Der Einfluss der Bodenheterogenität auf Nitratausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen 161

Hoffmann, M., F. Ellmer: Wirkung von Gärprodukten aus Biogasanlagen in Brandenburg 163

Amberg, F., B. Koblenz, O. Christen: Effekte der Dünger-N-Formen auf die Ertragskomponenten und Stickstoffeffizienz 165

Gabriel, D., G. Rühl, C. Pfitzner, A. Hüsken, N. Haase, H. Prüfer, J.-M. Greef: Stickstoffdüngereinsparung bei Winterweizen durch verbesserte Vorhersage der Backqualität mittels Nahinfrarotspektroskopie 167

Peters, J., R.-R. Schulz: Ökologische und ökonomische Bewertung von Stick-stoffgaben im Herbst zu Winterraps 169

Link, J., J. Geipel, W. Claupein: Einsatz der unbemannt fliegenden Multi-Sensor-Plattform „Hexe“ zur Berechnung teilflächenspezifisch angepasster N-Düngermengen in Winterweizen 171

Oster, S., J. Sparke, B. Honermeier: Wirkung mineralischer N-Düngung auf Blatterträge und Scopolamin-Gehalte von *Duboisia sp.* 173

Redozubov, D., I. Kühling, C. Jeismann, I. Komissarov, D. Trautz: Comparative performance of a novel silicate coated slow-release urea fertilizer with urease inhibitor 175

Postersektion 2

Fischer, J., F. Höppner, H. Böhm: Gemengeanbau von Mais mit Phaseolus-Bohnen: Einfluss von Sorte und Saatdichte der Bohnen auf die Bestandszusammensetzung 177

Yan, F., D. Dirich, B. Honermeier: Wirkung verschiedener Impfstoffe auf die Knöllchenbildung und Stickstofffixierung von Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) 179

Jung, R., R. Rauber: Kornerträge von Ackerbohnen in Süd-Niedersachsen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus 181

Höppner, F., J. Fischer, H. Böhm: Mischsilierung von Mais mit Stangen- oder Feuerbohne aus ökologischem Landbau 183

Köhler, A., S. Wolfrum, S. Norman, K.-J. Hülsbergen: Funktionale Biodiversitätsindikatoren für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel 185

Nurk, L., R. Graß, S. Hubert, C. Pekrun, M. Wachendorf: Mischanbau von Energiemais mit Stangenbohnen im Ökologischen Landbau - Ergebnisse des 2. Versuchsjahres 187

Nurk, L., R. Graß, S. Hubert, M. Wachendorf, C. Pekrun: Anbau von Energiemais in Mischkultur mit Stangenbohnen Entwicklung und Optimierung des Anbausystems – Ergebnisse vom zweiten Versuchsjahr im konventionellen Anbau 189

Urbatzka, P., E. Heiles: Vergleich der Gesamtleistung von Erbse und Gerste in Rein- und Gemengesaat 191

Sommer, H.: Varianzanalyse zur Untersuchung des Einflusses der Nährstoffzufuhr der Hauptnährstoffe auf den N-Entzug in einem ökologisch bewirtschafteten Gemischtbetrieb 193

Sommer, H.: Die Schwefelbilanz auf dem Ackerland zur Beurteilung des Schwefelmanagements im ökologisch wirtschaftenden Gemischtbetrieb 195

Postersektion 3

Feike, T., L.Y. Khor: Determinants of cotton farmers' yield, water use efficiency and nitrogen use efficiency in arid northwestern China 197

Kottmann, L., S. Schittenhelm, T. Langkamp, M. Kraft, H. Neeland, A. Jacobi, T. Dietze, K. Matschiner: Das Phaenokopterprojekt: UAV-gestützte Beurteilung der Trocken- und Hitzetoleranz von Weizengenotypen mit begleitender Untersuchung von Wurzelmorphologie und Wasserhaushalt 199

Ehrenpfordt, B., J. Müller, O. Christen: Einfluss von Trockenstress während und nach der Anthese auf die Ertragsstruktur von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) 201

Dolch, C., H. Stützel: Charakterisierung der physiologischen Diversität von Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen (*Hordeum vulgare* L.) 203

Pao, Y.-C., T.-W. Chen, H. Stützel: Optimal nitrogen partitioning in the cucumber canopy 205

Moualeu, D., T.-W. Chen, H. Stützel: A dynamic model of sodium accumulation in cucumber leaves 207

Suleiman, W., H. Stützel: The effect of the individual leaf adaptation on the total productivity of cucumber canopy 209

Dier, M., R. Manderscheid, M. Erbs, H.-J. Weigel: Überprüfung der Hemmung der Nitrat-Assimilation durch CO_2-Anreicherung unter Freilandbedingungen 211

Westermeier, P., A. Wosnitza, E. Willner, U. Feuerstein, W. Luesink, S. Schulze, A. Schum, S. Hartmann: Erfassung der Diversität für Trockenstresstoleranz bei Deutschem Weidelgras 213

Nagler, S., H. Ahrends, A. Burkart, U. Böttcher, H. Kage: Erfassung der Bestandesdynamik von 220 Winterweizen-Genotypen mit einem traktorgestützten Sensorsystem 215

Postersektion 4

Eberl, V., M. Fritz: Bioenergieträger mit Mehrwert: Getreide-Leguminosen-Gemenge 217

Mirck, J., C. Böhm, M. Kanzler, D. Freese: Blattstreumengen in Gehölzstreifen und angrenzenden Ackerbereichen innerhalb eines Agroforstsystems 219

Kaiser, T., A. Fischer, A. Behrendt: Multispezies-Beweidung zur Optimierung der Grünlandpflege 221

Sauthoff, S., F. Anastassiadis, A. Jacobs, B. Märländer, O. Mußhoff: Zuckerrüben für die Biogasproduktion? – Empfehlungen für die Ausgestaltung von Substratlieferverträgen mittels Discrete-Choice-Ansatz 223

Kornatz, P., J. Aurbacher: Ackerbauliche Landnutzungsänderung durch die Biogasproduktion in Deutschland 225

Hey, K., R. Rauber: Pflanzenbauliche Charakterisierung spurenelementreicher Winterzwischenfrüchte zur Biogaserzeugung 227

Roux, S.R., F. Höppner, D. Wiedow, N. Kanswohl, M. Beck, M. Deyerler: Andenlupinen (*Lupinus mutabilis*) für die Biomasseproduktion – eine leistungsfähige Option 229

Willms, M., J. Eckner, F. Wilken, M. Glemnitz: Lösungsansätze für eine Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau 231

Chmelíková, L., H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Der Einfluss unterschiedlicher Baumarten auf die Unterwuchs-vegetation in Agroforststreifen 233

Bussink, D.W., J.C. Van Middelkoop, G. Holshof, H. Van der Draai: Improved potassium fertiliser recommendation for grasslands in the Netherlands 235

Postersektion 5

Jacob, I., R. Schneider, P. Urbatzka: Anteile von Haupt- und Zwischenfrüchten auf Praxisbetrieben des ökologischen Landbaus 237

Gröblinghoff, F.-F., B.C. Schäfer: Einfluss des Erntetermins von Winterraps auf den Kornertrag in Abhängigkeit von Sorte und Behandlungsintensität 239

Eckner, J., C. Peter: Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau: Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren – Ergebnisse aus dem EVA- Projekt 241

Müller, J., P. Kornatz, J. Aurbacher: Ökonomische Vorzüglichkeit von Anbausystemen mit reduziertem Faktoreinsatz zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Ackerflächen 243

Hegewald, H., B. Koblenz, M. Wensch-Dorendorf, O. Christen: Umwelteinfluss von Winterraps in Abhängigkeit von der Anbauintensität in der Fruchtfolge und der N-Düngung 245

Brauer-Siebrecht, W., A. Jacobs, H.-J. Koch: Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion – Stickstoffbilanz und -auswaschung in Feldversuchen 247

Lichthardt, C., H. Stützel: Einfluss von pflanzenzüchterischen Innovationen in Pflanzenarchitektur und Lichtaufnahme im Bestand auf die Produktivität und Stabilität von Winterweizenanbausystemen 249

Gauder, M., F. Müller, W. Claupein: Auswirkungen von Weidenstreifen auf Unkrautbesatz und Ertrag im Winterraps 251

Neugschwandtner, R., H.-P. Kaul: Aufnahme und Nutzung von Stickstoff in Hafer-Erbsen-Gemengen 253

Liebe, S., N. Stockfisch, B. Märländer: Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zuckerrübenanbau 255

Postersektion 6

Köstner, B., M. Alsheimer, M. Berg, J. Grocholl, R. Schossow, K. Wilkinson, M. Dotterweich, J. Scherzer: Wirkung des zukünftigen Klimawandels auf die Pflanzenproduktion – der Einfluss von Klimaprojektionen und Modellparametern 257

Bauhardt, J., N. Svoboda, J. Hufnagel, P. Zander, B. Koblenz, O. Christen: Humus- und Stickstoffsalden sowie Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft Norddeutschlands anhand von unterschiedlichen Szenarien 259

Reisch, G., A. Fricke, H. Stützel: Entwicklung eines Ernteprognosemodells für Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene 261

Schwabe, S., S. Gruber, E.A. Weber, W. Claupein: Mechanische Kontrolle von Rapsdurchwuchs und Unkraut in Rapsbeständen mit besonderem Fettsäuremuster (Holli-Raps) 263

Schlumbaum, A., K. Lindemann-Zutz, H. Stützel, A. Fricke: Ernteprognose bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* L. *var. botrytis*) 265

Schwarz, C., B. Honermeier: Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf ausgewählte Bodenparameter und die Erträge der Kulturpflanzen - Bodenbearbeitungsversuch Rauischholzhausen 267

Rezaei, E.E., S. Siebert, F. Ewert: Effect of data aggregation on crop yield simulated at large scale 269

Döring, T.F., S. Knapp, F. Ellmer: Systematische Abhängigkeit verschiedener Ertragsstabilitätsmaße vom Ertragsmittelwert: I. Der Variationskoeffizient 271

Döring, T.F., S. Knapp, F. Ellmer: Systematische Abhängigkeit verschiedener Ertragsstabilitätsmaße vom Ertragsmittelwert: II. Ökoregression 273

Postersektion 7

Russo, M., C. Büttner, B. Honermeier: Einfluss von Belichtung und Schnitttermin auf Gesamtphenole und antioxidative Kapazität der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) 275

Ruoss, N., R. Well, H. Flessa, B.C. Schäfer: Klimaoptimierte Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft – Optimierter Klimabetrieb „II“ 277

Corbel, A., H. Stützel: Plant growth, water and nutrient uptake under subsurface drip fertigation (SDF) 279

Zvorykina, A., A. Köhler, S. Papaja-Hülsbergen, S. Wolfrum: Indikatoren zur “funktionalen Diversität“ am Beispiel der Regenwurmvorkommen auf neun bayerischen Praxisbetrieben 281

Schwengers, K., S. Wolfrum: „Tea Bag Index“ – Die Anwendung des TBI als einfache und kostengünstige Standardmethode zur Erfassung der Zersetzungsrate organischer Substanz in Ackerböden 283

Sommer, H., H. Schulz, A. Sundrum: Entwicklung der Gehalte an verdaulichen essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen 285

Petersen, U., H.-J. Weigel: Klimaresilienz durch Agrobiodiversität? – Literaturstudie zum Zusammenhang zwischen Elementen der Agrobiodiversität und der Empfindlichkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen gegenüber dem Klimawandel 287

Ha, N., T. Feike: GHG mitigation potentials in the winter wheat – summer maize double cropping system of Northern China 289

Frölich, W., D. Trölenberg, H. Kurz, H. Hrenn, K. Stolzenburg: Mineralstoffe, Spurenelemente, Rohfett und Fettsäurenmuster in Achänen der alternativen Energiepflanze „Durchwachsene Silphie“ (*Silphium perfoliatum* L.) 291

Autorenverzeichnis……..293

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 1–4 (2015)

Biodiversität und Produktivität im Ackerbau

Peter Stamp

Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich E-Mail: *peter.stamp@usys.ethz.ch*

1. Einleitung

Die Klimaxvegetation der gemässigt kühlen Gebiete Europas ist der Mischwald. Kurzlebige Kulturpflanzenbestände wie im Ackerbau üblich repräsentieren dagegen eine Vegetation im Pionierstadium. Somit verhindern wir stabile Ökosysteme in Permanenz, zumal sich der Ackerbau selbst im ständigen Wandel befindet, bedingt durch die sich verändernden biologischen, soziologischen und technologischen Bedürfnisse. Aus diesen Gründen ist es kaum möglich, ackerbauliche Ökosysteme präzise zu definieren, geschweige denn deren zugehörige Komponenten.

Gemäss der Konvention von Rio ist die "Biologische Diversität, abgekürzt Biodiversität, die Variabilität aller lebenden Organismen und der ökologischen Komplexe zu denen sie gehören. Dies schliesst die Diversität innerhalb von Arten, zwischen Arten sowie von Ökosystemen ein“.
Inzwischen ist der Begriff Biodiversität zu einem Modewort geworden (Buzzword) und kommt einem heiligen Gral recht nahe. Dies darf einer wissenschaftliche Bewertung für Aspekte wie der Produktivität des Ackers nicht im Wege stehen.

2. Stufen der Biodiversität

2.1. Genetische Diversität auf der Stufe Sorte und Art

Alte Populationssorten von Mais und Roggen waren heterozygot und heterogen, waren also mit zahllosen Genotypen im Feldbestand vertreten. Hingegen sind Selbstbefruchtersorten von Weizen und Gerste sind homozygot und homogen, Hybriden heterozygot und homogen. In beiden Fällen ist die genetische Diversität auf der Ackerfläche gleich Null, ein Manko für die Resistenz gegen Schaderreger. Molekulare Genetik ermöglicht die Pyramidisierung von vorteilhaften Allelen innerhalb einer Sorte. Dies wurde an der Universität Zürich von der Gruppe von Beat Keller modellhaft bewiesen (Bhullar et al. 2009). Mit neuesten Methoden der Cisgenetik wird dieses Ziel bald schneller erreichbar sein, bzw. können statt einer homogenen Sorte verschiedene Allele eines Gens als Isolinien zu einer Sorte gemischt werden. Beide Strategien würden eine Wiederauferstehung der in der DDR so erfolgreichen Sortenmischungen von Braugerste auf heutigem Wissensstand erlauben (Narziß und Back, 2012) und damit nachhaltig pflanzenschutzarme Bestandesführungen bei standardisierter Qualität vor allem auch bei Brotweizen ermöglichen, der in der Schweiz auf der Stufe Sortenmischungen stehen blieb (Friedt und Winzeler, 1990). Allerdings werden die Kosten erheblich steigen.

2.2. Biodiversität auf der Stufe Acker

Der Acker ist gemäss der Bibel ein besonderer Ort. „Verflucht sei der Acker um deinetwillen, mit Kummer sollst du dich darauf nähren dein Leben lang. Dornen und Disteln soll er dir tragen, und sollst das Kraut auf dem Felde essen (Mose 3)“. In diesem Sinne werden Arten, die die Entwicklung von Kulturpflanzenarten beeinträchtigen oder deren Ernte erschweren ohne Wertung ihrer ökologischen Bedeutung als Unkräuter geführt. Um deren Wert oder Unwert zu definieren, sind viele Kriterien herangezogen worden: Konkurrenz um Ressourcen, Ökostabilisierung, Stärkung und Schwächung einer Fruchtfolge etc.. Wenn der Rückgang der Artenvielfalt innerhalb der Unkrautflora beurteilt werden soll, muss auch die Frage beantwortet werden, woher die Unkrautarten gekommen sind und wieweit ihr Vorkommen an vielfältige Fruchtfolgen gebunden war, die heute nicht mehr zeitgemäss sind und ökonomisch keinen Sinn mehr ergeben.
Gemäss Untersuchungen der Gruppe Silvia Dorn an der ETH Zürich sind für eine ökologische Schädlingsminimierung durch Parasitoiden jeweils spezifische blühende Unkräuter wesentlich als „Nektar-Tankstellen“, damit diese auch ins Bestandesinnere gelangen können (Hausmann et al., 2005). Diese Befunde ermutigen, ausgewählte Unkräuter auf Ackerflächen gezielt zu tolerieren. Nostalgisch betrachtet, waren die zahlreichen Kornblumen und Mohnblumen eine wunderschöne Bereicherung und wurden vor 60 Jahren zu vielen Blütenkränzen verarbeitet. Deren alleinige Förderung in Ackerkulturen wurde schon vorgeschlagen, fiele aber wohl in die Kategorie „Kosmetische Ökologie“. Das Hass-Unkraut zu der Zeit der Bindemäher war die Ackerkratzdistel, nur zu verstehen von denen, die an heissen Sommertagen Getreidegarben in Hocken aufgestellt haben.
Artenmischungen kommen bei Getreide deren Wildbeständen am nächsten. Sie sind ertragssicher aber in der Regel schwach an erntbarem Ertrag. Gemengeanbau war in den 1950er Jahren in Deutschland und der Schweiz noch üblich, mit den Komponenten Sommerroggen, Sommerhafer, Ackerbohne und Erbse. Dies war eine Ertragssicherung für nasse wie für trockene Jahre. Heute ist jedoch das Grundwissen zu den Ansprüchen einzelner Arten so gross und die Technisierung vor allem der Ernte soweit fortgeschritten, dass Artenmischungen auf dem Acker eine Ausnahme sind. Allerdings gibt es interessante Ansätze von der KWS, Körnermais- und Stangenbohnensorten gemeinsam für den Mischanbau zu optimieren (Walter Schmidt, persönliche Mitteilung).

2.3. Biodiversität auf der Stufe Ackerrand

Die vor 220 Jahren in Schleswig-Holstein eingeführten Wallhecken/Knicks sind ein Beispiel für Feldränder, in denen die Landbevölkerung einen perfekten Mehrwert fand: Haselnüsse, verschiedene Beeren; Holz für Pfähle und zur Verfeuerung, Dornen anstelle von Stacheldraht. Mit anderen Worten eine perfekt austarierte aber vergangene Agroforstwirtschaft, die heute durch Ökoverständnis ersetzt werden muss aber auch hinterfragt werden darf.
Ackerränder haben in der Schweiz eine besondere Bedeutung, da sie bei mehrheitlich kleinen Flächen prozentual einen grossen Anteil ausmachen. Je nach Zusammensetzung sind dies unter anderem auch Rückzugsgebiete für viele Nützlinge aber auch Schädlinge. Eine Nutzen-/Schadensbewertung hängt daher auch sehr stark davon ab, auf welche Weise und wie weit Schädlinge und ihre

Parasitoiden in ein Feld eindringen. Zielkonflikte zwischen Biodiversität und Pflanzenschutz müssen jedenfalls sorgfältig geprüft werden, beispielsweise möglicher Schneckenbefall, erhöhtes Auftreten von Mutterkorn und Ackerkratzdistel etc. (Ruchti und Studer, 2015). Entsprechend müssen dann die Massnahmen geplant und umgesetzt werden.

2.4. Biodiversität auf der Stufe Agarlandschaft

Vor mehr als 30 Jahren hat ein weitsichtiger Agrarökonom auf einer Jahrestagung in Weihenstephan einen Plenarvortrag gehalten mit dem Titel „Vom Landwirt zum Landschaftswirt gehalten, damals belächelt, heute allen in Form von Ökosystemleistungen wohl vertraut. Ackerflächen sind Teil der Landschaft, aber deren Komponenten entscheiden, ob z.B. Bäume als Nistplätze für Sing- und Raubvögel geschätzt werden oder ob Vogelflug nach Aussaat oder vor Ernte gefürchtet wird. Deren Schutz ist wichtig aber auch teuer, darf jedoch nicht allein den Landwirten aufgebürdet werden. In der Rhön werden die attraktiven Blumenwiesen zu Wald, da kein Landwirt ein nach heutigem Kenntnisstand minderwertiges Futter in der Rinderhaltung einsetzen wird.

3. Produktivität und Biodiversität

Im Gegensatz zum Futterbau ist im Ackerbau das Ertragsziel ein definiertes Ernteorgan einer Kulturpflanze, das - selbst im einfachsten Fall einer Rübe - in mehreren Phasen angelegt werden muss bevor Assimilate und deren Derivate eingelagert werden können. Diese Entwicklungsschritte können durch diverse Anbaumassnahmen auf das Endziel hin optimiert werden. In einem Mischanbau oder in Koexistenz zu Unkräutern können - vor allem ohne chemischen Pflanzenschutz - Risiken von Epidemien (Krankheiten, Schädlinge) sehr gut minimiert werden, im Mischanbau Witterungsextreme (zu heiss und trocken, zu nass und kalt) abgepuffert werden, denn Petrus ist nicht on-line. Allerdings sind unsere modernen Kultursorten die Erben der besten Allele alter Landsorten für Resistenzen und Toleranzen in allen „Lebenslagen“, wahre Wunder an Flexibilität, die am Ende sehr hohe Erträge liefern. Daher ist davon auszugehen, und es gibt keine verallgemeinerungsfähigen Gegenbeweise in der Literatur, dass im Regelfall Reinbestände von Kulturarten die höchste Ausnutzung des realisierbaren Ertragspotentials aufweisen. Dies steht in keinem Widerspruch dazu, dass bei bewusstem Verzicht auf dessen Ausnutzung andere Ziele dominieren können, beispielsweise minimierter Einsatz von nicht erneuerbaren Ressourcen - eine Zukunftsoption bei Phosphor oder potentiell umweltschädlicher Chemikalien. Dies macht grosse Sorgen vor allem in Ländern mit ungenügender Ausbildung von Landwirten. Ein Paradebeispiel ist die Goldene Apfelschnecke in den Reisanbaugebieten Südostasiens. Als Proteinlieferant vor 30 Jahren aus Südamerika eingeführt, hat sie keineswegs zur beabsichtigten Doppelnutzung der Flächen geführt sondern erzwingt eine flächendeckende Bekämpfung mit meist unerwünschten Molluskiziden.

4. Fazit

Äcker und damit verbundene Landschaften müssen aus ethischen Erwägungen einen sehr hohen Anteil der eigenen Grundversorgung bereitstellen. Gezielt konstruierte Genetische Diversität innerhalb von Sorte und Art wird den Bedarf an Pflanzenschutz minimieren und den realisierbaren Ertrag steigern.

Zugleich muss Sorge dafür getragen werden, dass die Vielfalt der Organismen erhalten bleibt. Dies sollte aber nicht unter dem Regime von Modeworten geschehen, sondern grossräumig über Wissen gesteuert sein und dann in Verordnungen einfliessen, die unsere Primärproduktion steigern und zugleich Ökosysteme mit hoher Selbstregulierung ermöglichen sowie die von unserer Gesellschaft geschätzte Kulturlandschaft erhalten.

Mein eigenes Kredo ist seit 35 Jahren von vielen teuren Auffahrunfällen mit der nordischen Knicklandschaft geprägt: Macht keine überkommenen kleinräumigen Strukturen zum Heiligtum, sondern vernetzt auf angemessen grossen Flächen breite Strukturelemente die gerne schwieriges Terrain mit aufnehmen können. Ein Vorbild ist die heutige Gestaltung der ehemaligen „Zonengrenze“. Dort ist das moderne Wissen eingeflossen, dass die Vernetzung mindestens so wichtig ist wie die Grösse eines Naturschutzgebietes.

Literatur

Hausmann C, Wackers FL, Dorn S (2005): Sugar convertibility in the parasitoid *Cotesia glomerata*. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 60, 223-229

Bhullar NK, Street K, Mackay M, Keller B (2009): Unlocking wheat genetic resources for the molecular identification of previously undescribed functional alleles at the *Pm3* resistance locus. Proc.Natl.Acad.Sci.USA 106:9519-9524

Ruchti K, Studer C (2015): Zielkonflikte zwischen Biodiversitätsförderung und Pflanzenschutz. Agrarforschung Schweiz 6:174-177

Fried P.M., Winzeler H (1990): Variation of characters in near–isogenic lines of wheat with added genes for leaf rust resistance, Euphytica 48: 87-92

Narziß L, Back W (2012): Gerstenanbau in: Die Bierbrauerei Band 1: Die Technologie der Malzbereitung, Wiley-VCH, 17 ff

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 5–8 (2015)

Produktivität und Biodiversität im Grünland?

Johannes Isselstein

Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Graslandwissenschaft/Georg-August-Universität Göttingen. E-Mail: *jissels@gwdg.de*

Einleitung

In der Zeitschrift ‚Science' wurde 1999 über ein Grünlandexperiment berichtet, das an mehreren Standorten in Europa durchgeführt worden war (Hector et al. 1999, Abb. 1). Es konnte gezeigt werden, dass ein simulierter Verlust von Pflanzenarten zu einem signifikanten Rückgang der Produktivität führte. Damit wurde deutlich, welche Bedeutung die Pflanzenartenvielfalt für die Produktivität des Grünlandes haben kann. Der Artikel fand große Beachtung und mit über 1000 Zitationen im Web of Science zählt er zu den am häufigsten zitierten Arbeiten in der Biodiversitätsforschung. Für die Landwirtschaft forderten diese und folgende Arbeiten (u.a. Minns et al. 2001, oder JENA-Experiment, Weigelt et al. 2009) Jahrzehnte altes Erfahrungswissen heraus, denn bis dahin galt, dass im Zuge der Intensivierung der Grünlandwirtschaft die Pflanzenbestände zwar deutlich artenärmer, gleichzeitig aber auch produktiver werden. Es entwickelte sich eine vielschichtige wissenschaftliche Debatte, die sich zunächst vor allem den Ursachen der Diversitätseffekte widmete, dann aber auch die Relevanz der Befunde für die landwirtschaftliche Grünlandnutzung untersuchte.

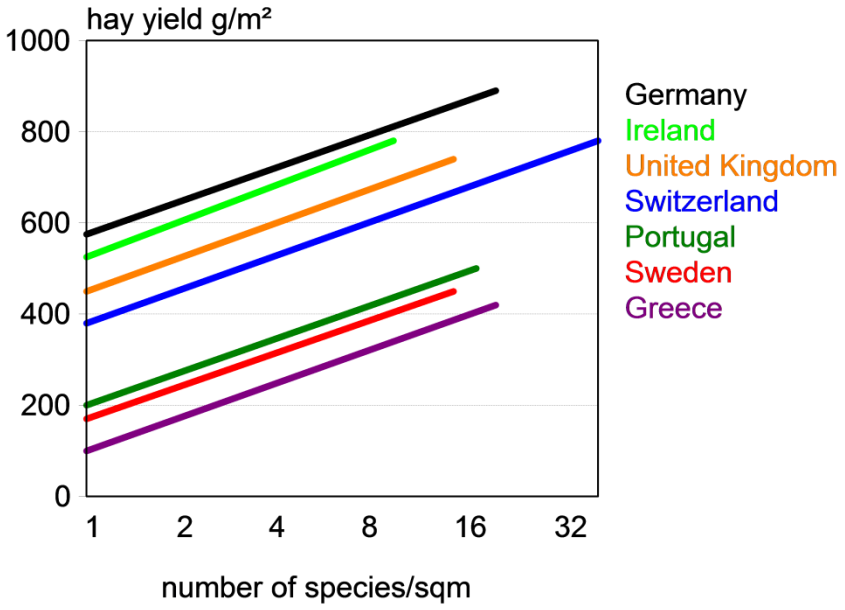


Abb.1: Zusammenhang zwischen der Anzahl an Pflanzenarten/m² und der Produktivität angesäter Grasbestände in sieben europäischen Ländern (BIODEPTH-Experiment, Hector et al. 1999, verändert)

Pflanzenartenvielfalt des Grünlands

In Mitteleuropa trägt das (Dauer-) Grünland maßgeblich zur biotischen Vielfalt in der Agrarlandschaft bei. Etwa 1000 höhere Pflanzenarten werden dem Grünland im weiteren Sinne zugeordnet; demgegenüber wird der Artenumfang des Ackerlandes mit weniger als einem Drittel dieses Wertes angesetzt. Diese Vielfalt des Grünlands

ist seit Jahrzehnten rückläufig. Jüngste Untersuchungen zeigen das Ausmaß dieser Entwicklung: Sowohl das generelle Vorkommen als insbesondere auch die Stetigkeit von Arten des mesophilen und feuchten Grünlands haben stark abgenommen (Krause et al. 2014). In vielfältigen Arbeiten konnte gezeigt werden, welche Faktoren der Landnutzungsänderung hierfür verantwortlich sind: die Dränage und Melioration von Standorten, die Umwandlung von Grünland in Ackerland oder Wald, der Umbruch und die Neuansaat von Grünland, die Erhöhung der N-Düngung und der Entblätterungshäufigkeit (Übersicht in Isselstein et al. 2005). Vergleichsweise gut untersucht ist die Wirkung der Nährstoffversorgung. Offensichtlich ist ein erhöhtes Stickstoffangebot nicht mir einer artenreichen Grasnarbe vereinbar (Klimek et al. 2007). Die Ursache liegt darin, dass N-Zufuhr die Dominanzverhältnisse verstärkt und subdominante bzw. Stress tolerierende Arten aus den Beständen verdrängt werden (Marini et al. 2007). Der gesellschaftlich zunehmend geforderte Erhalt des Artenreichtums des Grünlands wird daher im Zusammenhang mit einer notwendigen Verringerung der Bewirtschaftungsintensität gesehen. Würde es allerdings eine Konvergenz von Biodiversität und Produktivität geben, dann bestünde für die Landwirtschaft die Chance, Biodiversitätsziele mit den gesteigerten Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktivität zu verbinden.

Produktivität und/oder Diversität?

Bei dem Versuch, die Ergebnisse etwa des BIODEPTH- oder des JENA-Experimentes für landwirtschaftliches Grünland nutzbar zu machen, stellte sich bald heraus, dass eine direkte Übertragung der Erkenntnisse nicht möglich war. In altem, von der botanischen Zusammensetzung her ‚gesättigtem' Grünland ließen sich zumeist keine Produktivitätsvorteile artenreicher gegenüber artenarmen Grasnarben feststellen (Grace et al. 2007, Assaf et al. 2011, Übersicht in Wrage et al. 2011). So hatte die Grasnarbenzusammensetzung bzw. Artenvielfalt im mehrjährigen GrassMan-Experiment auf über 100 Jahre altem Grünland im Solling (Petersen et al. 2012) keinen oder einen z.T. negativen Effekt auf den Grasertrag (Rose & Leuschner 2012, From 2013). Viel stärker zeigte sich dagegen die Wirkung der Düngung bzw. der Nutzungsintensität. Worin liegen die Ursachen für diese scheinbare Diskrepanz? Bei den Experimenten BIODEPTH und JENA handelt es sich um angesäte Bestände und die Artenzahl umspannt eine Breite von 1 (Monokulturen) bis 32 bzw. 64 Arten je m². Dieser Gradient kann über mehrere Jahre nur durch massives Eingreifen (Jäten) erhalten werden. Klarerweise ist die Eingriffsintensität umso größer, je weniger Arten in einer Variante vorkommen. Es ist zu vermuten, dass v.a. Monokulturen von eigentlich subdominanten Arten eines besonderen Pflegeaufwandes bedürfen. Bereits 2004 hatte eine Arbeit von Pfisterer et al. gezeigt, dass nach Einstellen der Pflege der Parzellen der ursprüngliche Diversitätsgradient rasch verschwand.

Bedeutet dieser Befund nun, dass die Integration von Biodiversitätszielen in eine produktive Grünlandwirtschaft ausgeschlossen ist? Diese Frage ist nicht generell zu beantworten. Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass Naturschutz relevantes, mesophiles Grünland sehr rasch an Artenvielfalt verliert, wenn der Nährstoffeintrag über die Düngung bzw. über die Atmosphäre einen Schwellenwert überschreitet. Dies gilt vor allem für Stickstoff, aber auch für Phosphor (Janssens et al. 1998). Eine intensivierte landwirtschaftliche Bewirtschaftung ist in diesem Fall mit dem Erhalt der artenreichen Vegetation nicht vereinbar. Für moderat artenreiches, landwirtschaftlich bewirtschaftetes Dauergrünland gibt es einen größeren Spielraum. Vor allem bei Weidewirtschaft bewirken die grasenden Tiere eine heterogene Grasnarbenstruktur.

Auf kleinem Raum wechseln die Habitatbedingungen, so dass eine vielfältigere Pflanzengemeinschaft passende Umweltbedingungen findet. Bei einer stärkeren Nährstoffverfügbarkeit vermindert intensive Weide einseitige Dominanzverhältnisse und subdominante Arten haben bessere Überlebenschancen. Im sog. FORBIOBEN-Experiment der Universität Göttingen konnten Wrage et al. (2012) zeigen, dass eine intensivere Beweidung und dadurch bedingte größere Anzahl an kurzrasigen Narbenbereichen zu einer höheren Phytodiversität führte als extensive Beweidung mit vorherrschend hochrasigen Bereichen. In Weideexperimenten auf Dauergrünland konnte ein weiterer agronomischer Vorteil artenreichen Grünlands gezeigt werden: vielfältig zusammengesetzte Grasnarben mit einem höheren Kräuteranteil hatten eine höhere Futterqualität als relativ artenarme, grasbetonte Bestände (Seither et al. 2012). Für Bedingungen, die dem Feldfutterbau ähneln (ley farming), kann eine moderate Artenvielfalt im Unterschied zum Dauergrünland auch die Produktivität sichern bzw. erhöhen. Im Rahmen der EU COST action 852 zeigte sich bei Mischungen von jeweils wenigen Gras- und Leguminosenarten ein deutlicher Ertragsvorteil gegenüber den jeweiligen Reinbeständen (Kirwan et al. 2007). Werden zusätzlich auch noch Kräuter eingemischt, so kann das zu einer weiteren Ertragsstabilisierung führen (Assaf & Isselstein, 2009).

Literatur

Assaf, T.A., Beyschlag, W., Isselstein, J. (2011) The relationship between plant diversity and productivity in natural and in managed grasslands – Applied Ecology and Environmental Research 9, 57-166.

Assaf, T., Isselstein, J. (2009) Evaluation of dandelion as a potential forage species in mixed-species swards. Crop Science 49, 714-721.

From, T. (2013) Spatial scale, plant identity and management effects on the diversity-productivity relationship in a semi-natural grassland. Diss., 84 S., Universität Göttingen.

Grace, J.B., Anderson, T.M., Smith, M.D., Seabloom, E., Andelman, S.J., Meche, G, et al. (2007) Does species diversity limit productivity in natural grassland communities? Ecology Letters 8, 680-689.

Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M.C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G. et al. (1999) Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science 286,1123–1127.

Isselstein, J., Jeangros, B., Pavlu, V. (2005) Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe–a review. Agronomy Research 3, 139-151.

Janssens, F., Peeters, A., Tallowin, J.R.B., Bakker, R.M., Fillat, F., Oomes, M.J.M. (1998) Relation between soil chemical factors and grasslands diversity. Plant and Soil 202, 69–78.

Kirwan, L., Lüscher, A., Sebastià, M.T., Finn, J.A., Collins, R.P., Porqueddu, C. et al. (2007) Evenness drives consistent diversity eff ects in intensive grassland systems across 28 European sites. Journal of Ecology 95, 530–539.

Klimek, S., Hofmann, M., Isselstein, J. (2007) Plant species richness and composition in managed grasslands: the relative importance of field management and environmental factors. Biological Conservation 134, 559–570.

Krause, B., Wesche, K., Culmsee, H., Leuschner, C. (2014) Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Grünland seit 1950. Natur und Landschaft 89, 399-404.

Marini, L., Scotton, M., Klimek, S., Isselstein, J., Pecile, A. (2007) Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. Agriculture, Ecosystems & Environment 119, 281–288.

Minns, A., Finn, J., Hector, A., Caldeira, M., Joshi, J., Palmborg, C. et al. (2001) The functioning of European grassland ecosystems: potential benefits of biodiversity to agriculture. Outlook on Agriculture 30, 179-185.

Petersen, U., Wrage, N., Köhler, L., Leuschner, C., Isselstein, J. (2012) Manipulating the species composition of permanent grasslands—A new approach to biodiversity experiments. Basic and Applied Ecology 13, 1-9.

Pfisterer, A.B., Joshia, J., Schmid, B., Fischer, M. (2004) Rapid decay of diversity-productivity relationships after invasion of experimental plant communities. Basic and Applied Ecology 5, 5-14.

Rose, L., Leuschner, C. (2012) The diversity–productivity relationship in a permanent temperate grassland: negative diversity effect, dominant influence of management regime. Plant Ecology & Diversity 5, 265-274.

Seither, N., Wrage, N., Isselstein, J. (2012) Sward composition and grazer species effects on nutritive value and herbage accumulation. Agronomy Journal 104, 497-506.

Weigelt, A., Weisser, W.W., Buchmann, N., Scherer-Lorenzen, M. (2009) Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. Biogeosciences, 6, 1695-1706.

Wrage, N., Şahin Demirbağ, N., Hofmann, M., Isselstein, J. (2012) Vegetation height of patch more important for phytodiversity than that of paddock. Agriculture, Ecosystems and Environment 155, 111-116.

Wrage, N., Strodthoff, J., Cuchillo, H.M., Isselstein, J., Kayser, M. (2011) Phytodiversity of temperate permanent grasslands: ecosystem services for agriculture and livestock management for diversity conservation. Biodiversity and Conservation 20, 3317-3339.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 9–12 (2015)

Agricultural Production and Biodiversity: A global perspective

Ralf Seppelt[1,2,*], Michael Beckmann[1], Silvia Ceauşu[3,4], Anna F. Cord[1], Katharina Gerstner[1], Jessica Gurevitch[5], Stephan Kambach[4,6], Stefan Klotz[3,6], Chase Mendenhall[7,8], Helen R.P. Phillips[9,10], Kristin Powell[11], Peter H. Verburg[12], Willem Verhagen[12], Marten Winter[3], Tim Newbold[13]

[1] UFZ – Helmholtz Centre for Environmental Research, Department Computational Landscape Ecology, 04318 Leipzig, Germany
[2] Institute of Geoscience & Geography, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale), Germany
[3] iDiv – German Centre for Integrative Biodiversity Research, 04103 Leipzig, Germany
[4] Institute for Biology, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale), Germany
[5] Department of Ecology and Evolution, Stony Brook University
[6] UFZ – Helmholtz Centre for Environmental Research, Department Community Ecology, 06120 Halle (Saale), Germany
[7] Center for Conservation Biology, Stanford University, Stanford, California 94305, USA.
[8] Department of Biology, Stanford University, Stanford, California 94305, USA.
[9] Department of Life Sciences, Imperial College London, Silwood Park, SL5 7PY, UK.
[10] Department of Life Sciences, Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK.
[11] National Socio-Environmental Synthesis Center, 1 Park Place, Suite 300, Annapolis, Maryland 21401. Current address: Center for Tropical Forest Science-Forest Global Earth Observatory, Smithsonian Institution, Washington, DC, USA
[12] Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam, de Boelelaan 1087, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands
[13] United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.

Introduction

Human land use and land transformation pose the greatest threat to the world's terrestrial biodiversity (Pereira et al. 2010). Growing human population coupled with higher per capita consumption led to rising demands on ecosystems for the food and resources they supply (Seppelt et al. 2014). Globally, there has been an increase in the amount of land cleared of natural vegetation, in the intensification of management activities, and in the simplification of landscape configuration, for example through an increase in large-scale agricultural practices (van Asselen and Verburg 2012; Václávik et al. 2013).

Methods

To capture the state of the art on the relation between land use, agricultural production and biodiversity we conducted a search in the Web of Science for sets of search terms related to "land-use", "biodiversity" and "agricultural yield" restricted to the last 10 years (2004-2014). The final search produced approximately 5.000 results. All abstracts were read and the context, or lack of context, in which these studies took place (i.e. "land-use", "biodiversity" and/or "agricultural yield") was identified.

For providing an assessment of global conflicts between agricultural production and biodiversity we utilized biodiversity data (Kreft & Jetz 2007), land use change data (Goldewijk 2001) and data on agricultural production (Monfreda et al. 2008). We used estimates of the area under production for all types of crops, but used yields for the three major cereal crops (wheat, rice and maize) as a proxy for the yield of all other crops, because estimates of yield are not directly comparable among different crop types (cereal, vegetables, fruits, fodder etc.).

Results

During the last twenty years, almost two thirds of the Earth's terrestrial area has experienced some sort of transformation through appropriation of environmental resources by humans (Geldmann et al. 2014). The total land area dedicated to agriculture is growing in the most biodiverse parts of the world because the environments containing the most biodiversity also tend to be the best for producing food. This is leading to unprecedented levels of biodiversity loss (Butchart et al. 2010). Areas of high agricultural production are being increasingly situated in areas of high biodiversity in many regions of the world, especially southern Europe, China and South America (Figure 1A), and this overlap has grown more pronounced over the last 50 years especially in the tropics and subtropics (Figure 1B). The conflicts between biodiversity and agricultural production will increase further in the coming decades if—as predicted—tropical and subtropical areas are increasingly converted for agriculture (Harfoot et al., 2014).

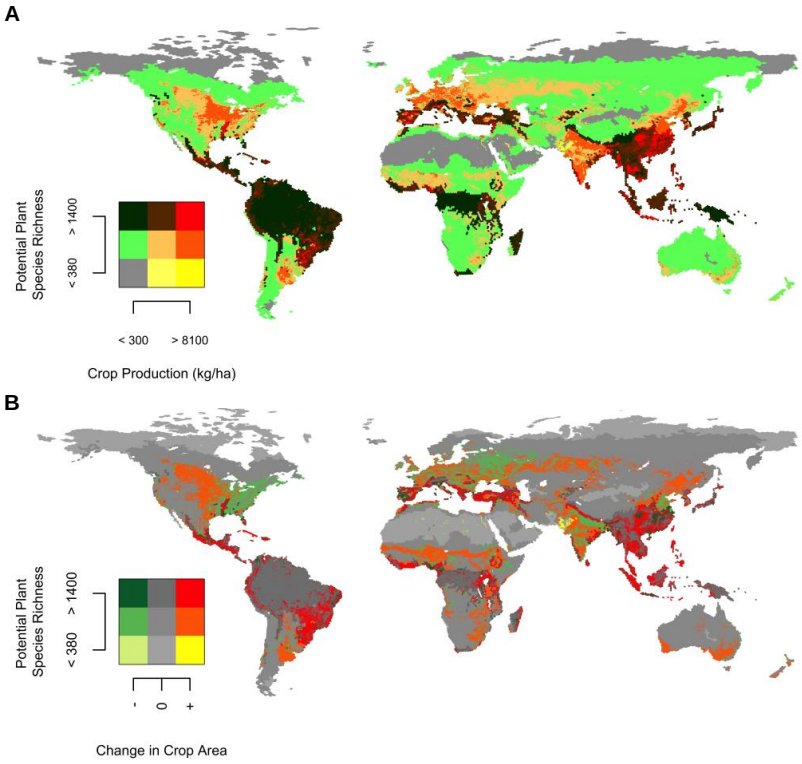


Figure 1. The overlap between agricultural production and plant species richness (A) and between conversion to cropland and plant species richness (B), based on data on agricultural production, potential species richness of vascular plants and land-use change to cropland in the last 50 years. Plant species richness and current crop production were divided into three classes around the 20th and 80th percentiles, while conversion to cropland was classified into a reduction, no change or an increase over the last 50 years.

There is growing ecological, political and societal awareness that protection of biodiversity in human-used landscapes is crucial because human wellbeing is intimately linked with biodiversity via ecosystem services (MA 2005). In general, biodiversity attributes are positively linked with ecosystem services but interactions are still poorly understood (Cardinale et al. 2012). The trade-offs inherent in the need

to conserve biodiversity while producing more food is resulting in conflicting, polarized, and unrealistic strategies for the future of civilization on a finite planet.

There are significant scientific and societal challenges in recognizing and minimizing trade-offs between agricultural production and biodiversity conservation. Optimal land use combinations that simultaneously sustain biodiversity and food production need to be identified (Fischer et al. 2014). While the existence of trade-offs between allocating land to production and biodiversity conservation are clearly acknowledged (Tscharntke et al. 2012), the scientific understanding of the underlying processes remains scant. Of the 4821 publications listed in the Web of Science between 2006 and 2014 that investigate some aspect of the relationships among land use, biodiversity and agricultural production, only a small minority quantify the full land use-biodiversity-production relationship (Fig. 2).

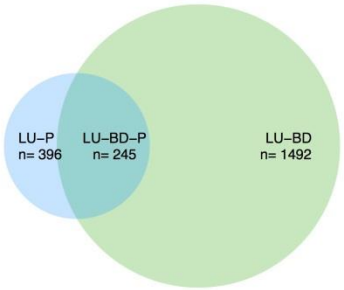


Figure 2. Number of papers listed on Web of Science that investigate aspects of the relationships among land use, biodiversity and agricultural production between 2006 and 2014: either focusing on the land use-production (LU-P), land use-biodiversity (LU-BD) or the land use-biodiversity-production relationship (LU-BD-P).

Discussion

In recent decades, conflicting demands have given rise to several scientific debates about reconciling food production and conservation. These debates include the search for ways to conserve a maximum number of species in fragmented “islands” of favourable habitat (the single large or several small debate, Simberloff et al. 1976), and how to balance agricultural production while at the same time or in the same place preserve biodiversity (land sharing/sparing debate, Fischer et al. 2014). Although being of great importance for raising attention of the need to reconcile agricultural production and biodiversity conservation, these debates have failed to produce a robust and general framework, applicable to all ecosystems, which uses appropriate indicators and considers the configuration and spatial scale of land use effects (Fischer et al. 2014). Studies are often limited to an antagonistic set of land use conditions that pit humans against nature and often adopt a dichotomous perspective (for example, high vs. low intensity farming). Studies that do consider land use gradients have mostly focused only on one aspect, either provisioning ecosystem services or biodiversity, thereby falling short of yielding results that are useful for understanding and mitigating trade-offs between food production and conservation.

We see a strong need to develop a general, flexible, transferable framework that can be used for managing the trade-offs between agricultural production and biodiversity conservation in the world’s diverse ecological and social contexts. This comprehensive understanding, synthesizing knowledge across a variety of global

landscapes, is needed as global trade of agricultural products enables externalizing of effects and requires identifying off-site effects originating from land management in the study region of interest (Seppelt et al. 2011). To this end, we suggest moving beyond the dichotomous perspectives, which overly simplify a complex set of problems (Fischer et al. 2014), and propose a general framework that attempts to incorporate multiple aspects of land use. We focus our discussion on agricultural production (i.e. provisioning ecosystem services) and the related supporting and regulating services, but recognize that other ecosystem services might also play an important role in the relationships we hypothesize. We argue that a complex and non-linear relationship between biodiversity and agricultural production is likely, driven by non-linear and context-dependent relationships, both between land use and production, and between land use and biodiversity.

References

van Asselen S, Verburg PH. 2012. A Land System representation for global assessments and land-use modeling. Global Change Biology 18: 3125-3148.

Cardinale BJ, et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature 486: 59-67.

Fischer J, Abson DJ, Butsic V, Chappell MJ, Ekroos J, Hanspach J, Kuemmerle T, Smith HG, von Wehrden H. 2014. Land sparing versus land sharing: Moving forward. Conservation Letters 7: 149-157.

Geldmann J, Joppa LN, Burgess ND. 2014. Mapping change in human pressure globally on land and within protected areas. Conservation Biology 28: 1604-1616.

Butchart SHM, et al. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. Science 328: 1164-1168.

Goldewijk KK. 2001. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. Global Biogeochemical Cycles 15, 417-433.

Harfoot M, Tittensor DP, Newbold T, Mcinerny G, Smith MJ, Scharlemann JPW. 2014. Integrated assessment models for ecologists: The present and the future. Global Ecology and Biogeography 23: 124-143.

Kreft H and Jetz W. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. Proc. Natl Acad. Sci. USA 104, 5925-5930.

[MA] Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Monfreda et al. 2008. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. Global Biogeochemical Cycles 22: GB1022.

Pereira HM, et al. 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. Science 330: 1496-1501.

Seppelt R, Dormann CF, Eppink FV, Lautenbach S, Schmidt S. 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. Journal of Applied Ecology 48: 630–636.

Seppelt R, Manceur AM, Liu J, Fenichel EP, Klotz S. 2014. Synchronized peak rate years of global resources use. Ecology and Society 19(4): 50

Simberloff DS, Abele LG. 1976. Island biogeography theory and conservation practice. Science 191: 285-286

Tscharntke T, Clough Y, Wanger TC, Jackson L, Motzke I, Perfecto I, Vandermeer J, Whitbread A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. Biological Conservation 151: 53-59

Václavík T, Lautenbach S, Kuemmerle T, Seppelt R. 2013. Mapping global land system archetypes. Global Environmental Change 23: 1637-1647.

Whitbread A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. Biological Conservation 151: 53-59.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 13–16 (2015)

Ökologische Konzepte zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Produktionssystemen

Jens Dauber

Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig. E-Mail: *jens.dauber@ti.bund.de*

Einleitung

Die Biodiversität der Agrarlandschaften in Deutschland und Europa unterliegt einem deutlichen und anhaltenden Rückgang (Donald et al. 2006, Storkey et al. 2012). So hat sich in Deutschland der Vogelindikator für Agrarland in den letzten Jahrzehnten signifikant verschlechtert (Flade et al. 2008, Statistisches Bundesamt 2014). Zum Status der Segetalpflanzen ergab eine Studie von Meyer et al. (2013) in mehr als 300 nord- und mitteldeutschen Äckern, dass die mittlere Artenvielfalt seit den 1950/60er Jahren um 71%, die des regionalen Artenpools um 23% abgenommen hat. Ähnliches gilt auch für die pflanzliche Artenvielfalt des Wirtschaftsgrünlandes (Krause et al. 2014). Obwohl wir über ein relativ fundiertes Wissen zu den steuernden Faktorenkomplexen der Biodiversität in Agrarlandschaften verfügen, von Produktionsfaktoren auf der Feldebene bis hin zu Landschaftsstrukturen (Jongman 2002, Firbank et al. 2008, Henle et al. 2008), ist es bislang nicht gelungen, durch naturschutzfachliche oder agrarpolitische Maßnahmen, die rückläufigen Trends für viele Artengruppen aufzuhalten oder gar umzukehren (Piechocki et al. 2010, Kleijn et al. 2011). Prospektive Einschätzungen zu Effekten des Greening der Direktzahlungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) auf die Biodiversität gehen davon aus, dass diese, gemessen an den in diesem Bereich bestehenden Herausforderungen, relativ gering ausfallen werden (Pe'er et al. 2014, Schmidt et al. 2014). Auch eine Zwischenevaluierung zur Erreichung der Aichi Biodiversitätsziele bis 2020 zeigt, dass sich Status- und Belastungsindikatoren mit Bezug zur Landwirtschaft, trotz Etablierung nationaler Strategien, negativ entwickeln (Tittensor et al. 2014). Der Konflikt zwischen einer auf hohen Ertrag ausgerichteten Landwirtschaft und der Notwendigkeit, Biodiversität sowie wichtige Ökosystemfunktionen und -leistungen zu erhalten, verschärft sich somit zusehends und erfordert dringlich eine befriedigende Lösung (Benton 2012, Mouysset et al. 2013). Im Folgenden werden einige positive Beispiele aufgezeigt, wie Biodiversitätseffekte in agrarischen Produktionssystemen erzielt werden konnten. Darauf aufbauend werden innovative Konzepte und Ideen für zukunftsfähige Strategien für den Schutz, die Förderung und Nutzung der Biodiversität in Agrarlandschaften kurz vorgestellt und diskutiert.

Positive Beispiele für Ansätze und Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Produktionssystemen

Neben Studien, die den fortschreitenden Rückgang an Biodiversität und die Verstärkung der Belastungsfaktoren in Agrarlandschaften darstellen, existieren zunehmend auch Arbeiten, die Beispiele für gelungene Ansätze und innovative Maßnahmen berichten:

- In Agrarregionen Europas, in denen die Intensivierung der Landnutzung und der Habitatverlust aufgehalten wurden, konnte auch eine deutliche Verlangsamung des Artenverlust und der biotischen Homogenisierung bei blütenbesuchenden Insekten festgestellt werden (Carvalheiro et al. 2013).

- Durch eine aktive Einbeziehung der Landwirte bei der Auswahl der Agrarumweltmaßnahmen, deren Umsetzung auf dem Betrieb und der Anwendung geeigneter flächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen konnten die positiven Wirkungen der jeweiligen Agrarumweltmaßnahmen für Vögel und Insekten gesteigert werden (McCracken et al. 2015).
- Kollaborativ durch mehrere Betriebe koordinierte und umgesetzte Agrarumweltmaßnahmen entfalten ihre Wirkung über die Grenzen des Einzelbetriebs hinaus und fördern dadurch Arten, welche auf das Vorkommen von Ressourcen und Strukturen im größeren landschaftlichen Zusammenhang angewiesen sind (McKenzie et al. 2013).
- Maßnahmen, welche zielgerichtet auf die limitierenden Faktoren für die Populationsentwicklung bestimmter Arten ausgerichtet sind, also evidenzbasierte Verfahren, welche z. B. auf Monitoringergebnissen aufbauen, haben höhere Erfolgschancen (Baker et al. 2012).
- Sowohl Quantität als auch Qualität von Ökologischen Vorrangflächen in der Schweizer Agrarlandschaft bestimmen deren Wirkung auf die Artendichte von Agrarvögeln und die Anzahl an Feldhasen, jedoch ist, um die Artendichte und Populationen langfristig zu sichern, eine fünfmal höhere Ausstattung der Agrarlandschaften mit hochqualitativen Vorrangflächen notwendig, als dies im Durchschnitt momentan der Fall ist (Meichtry-Stier et al. 2014).

Um die Biodiversität in Kulturlandschaften langfristig erhalten und fördern zu können, sollten die notwendigen Lehren aus solchen Studien gezogen und daraus zukunftsfähige Strategien (weiter-)entwickelt werden.

Konzepte zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Produktionssystemen

Angesichts der Diversität der Agrarlandschaften, regional gegenläufiger Trends der Intensivierung und Extensivierung und des beständigen Wandels der Produktionssysteme, besteht die dringende Notwendigkeit, regional angepasste und agrarstrukturell differenzierte Schutz- und Förderziele für Biodiversität zu entwickeln und dafür angepasste Maßnahmen zu entwickeln:

- Durch die Entwicklung differenzierter Biodiversitätsziele für unterschiedliche Agrarsysteme und die räumlich zielgerichtete Umsetzung von darauf angepassten Maßnahmen kann die Effizienz der Maßnahmen erhöht werden (Ekroos et al. 2014).
- Eine zielgerichtete Lokalisierung von Maßnahmen in Agrarregionen mit hohem Biodiversitätsniveau ist sinnvoll, um die vorhandenen Arten und Lebensräume langfristig zu sichern (Doxa et al. 2010, Whittingham 2011, Strohbach et al. 2015).

Sowohl Maßnahmen, die auf grober oder auf feiner räumlicher Skala Fläche aus der eigentlichen Produktion herausnehmen oder diese stark extensivieren als auch produktionsintegrierte Maßnahmen werden als wichtig angesehen, um die Biodiversität zu erhalten und zu fördern (Whittingham 2011, Marja et al. 2014). Angesichts des global steigenden Bedarfs an Nahrung und nachwachsenden Rohstoffen ist eine Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge von großer Bedeutung, doch sollte dies nicht durch Produktionsverfahren erreicht werden, die Biodiversität schädigen und damit auch langfristig die Erbringung regulierender und unterstützender Ökosystemdienstleistungen für die Landwirtschaft gefährden

(Cunningham et al. 2013). In diesem Sinne wird ein Paradigmenwechsel gefordert, welcher eine Abkehr von den klassischen Intensivierungsmethoden (u.a. chemischer Pflanzenschutz, mineralische Düngung, Homogenisierung und Beschleunigung der Produktion) hin zu mehr agrarökologisch basierten Produktionsweisen vorsieht (Malézieux 2012, Wezel et al. 2014, Gaba et al. 2015). Laut Wezel et al. (2014) sind einige dieser agrarökologischen Praktiken (z. B. reduzierte Bodenbearbeitung, natürliche Schädlingskontrolle) schon heute in landwirtschaftliche Produktionssysteme integrierbar, andere hingegen (z. B. Fruchtfolgendesign und –management, Agroforstsysteme) müssen noch weiterentwickelt und/oder in ihrer Akzeptanz gefördert werden. Hierin, sowie im Hinblick auf die landschaftliche Einbindung von innovativen Produktionssystemen und deren Zuschnitt auf die jeweiligen standörtlichen Produktivitätsbedingungen (Cunningham et al. 2013), liegen die wesentlichen Herausforderungen für die Etablierung von Produktionssystemen, welche Biodiversität und die von ihr erbrachten Ökosystemdienstleistungen nachhaltig schützen und nutzen.

Literatur

Baker DJ, Freeman SN, Grice PV, Siriwardena GM (2012) Landscape-scale responses of birds to agrienvironment management: a test of the English Environmental Stewardship scheme. J. Appl. Ecol. 49: 871–882.

Benton TG (2012) Managing agricultural landscapes for production of multiple services: the policy challenge. Intern. Agric. Policy 1: 7-17.

Carvalheiro LG, Kunin WE, Keil P, et al. (2013) Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. Ecol. Lett. 16: 870–878.

Cunningham SA, Attwood SJ, Bawa KS, et al. (2013) To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. Agric. Ecosyst. Env. 173: 20– 27.

Donald PF, Sanderson FJ, Burfield IJ, van Bommel FPJ (2006) Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. Agric. Ecosyst. Environ. 116: 189-196.

Doxa A, Bas Y, Paracchini M, et al. (2010) Low-intensity agriculture increases farmland bird abundances in France. J. Appl. Ecol. 47: 1348–1356.

Ekroos J, Olsson O, Rundlöf M, et al. (2014) Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? Biol. Conserv. 172: 65–71.

Firbank LG, Petit S, Smart S, et al. (2008) Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. Phil. Trans. R. Soc. B 363: 777–787.

Flade M, Grüneberg C, Sudfeldt C, Wahl J (2008) Birds and Biodiversity in Germany – 2010 Target. DDA, NABU, DRV, DO-G, Münster.

Gaba S, Lescourret F, Boudsocq S, et al. (2015) Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. Agron. Sustain. Dev. 35: 607–623.

Henle K, Alard D, Clitherow J, et al. (2008) Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe–A review. Agric. Ecosyst. Env. 124: 60–71.

Jongman RHG (2002) Homogenisation and fragmentation of the European landscape: ecological consequences and solutions. Land. Urb. Plan. 58: 211–221.

Kleijn D, Rundlöf M, Scheper J, et al. (2011) Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? Trends Ecol. Evol. 26: 474-481.

Krause B, Wesche K, Culmsee H, Leuschner C (2014) Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Grünland seit 1950. Natur und Landschaft 89: 399-404.

Malézieux E (2012) Designing cropping systems from nature. Agron. Sustain. Dev. 32: 15–29.

Marja R, Herzon I, Viik E, et al. (2014) Environmentally friendly management as an intermediate strategy between organic and conventional agriculture to support biodiversity. Biol. Cons. 178: 146–154.

McCracken ME, Woodcock BA, Lobley M, et al. (2015) Social and ecological drivers of success in agri-environment schemes: the roles of farmers and environmental context. J. Appl. Ecol. 52: 696–705.

McKenzie AJ, Emery SB, Franks JR, Whittingham MJ (2013) Landscape-scale conservation: Collaborative agri-environment schemes could benefit both biodiversity and ecosystem services, but will farmers be willing to participate? J. Appl. Ecol. 50: 1274-1280.

Meichtry-Stier KS, Jenny M, Zellweger-Fischer J, Birrer S (2014) Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). Agri. Ecosyst. Env. 189: 101–109.

Meyer S, Wesche K, Krause b, Brütting C, Hensen I, Leuschner C (2014) Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Ackerland seit 1950. Natur u. Landschaft 89: 392-398.

Pe'er G, Dicks LV, Visconti P, et al. (2014) EU agricultural reform fails on biodiversity. Science 344: 1090-1092.

Piechocki R, Stadler J, Korn H (2010) Das „2010-Ziel“ – auch in Deutschland verfehlt? Natur u. Landschaft 85: 274-281.

Schmidt TG, Röder N, Dauber J, et al. (2014) Biodiversitätsrelevante Regelungen zur nationalen Umsetzung des Greenings der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU nach 2013. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 70 p, Thünen Working Paper 20.

Statistisches Bundesamt (2014) Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatorenbericht 2014. Wiesbaden.

Storkey J, Meyer S, Still KS, Leuschner C (2012) The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. Proc. Roy. Soc. London B 279: 1421-1429.

Strohbach MW, Kohler ML, Dauber J, Klimek S (2015) High Nature Value farming: From indication to conservation. Ecol. Ind. 57: 557-563.

Tittensor DP, Walpole M, Hill SLL, et al. (2014) A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. Science 346: 241-244.

Wezel A, Casagrande M, Celette F, et al. (2014) Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 34: 1–20.

Whittingham MJ (2011) The future of agri-environment schemes: biodiversity gains and ecosystem service delivery? J. Appl. Ecol. 48: 509-513.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 17–18 (2015)

Ackerbauliche, ökologische und ökonomische Bewertungen von Energiepflanzenfruchtfolgen - Ergebnisse aus dem EVA- Verbund

J. Eckner[1], M. Glemnitz[2], J. Aurbacher[3], M. Heiermann[4], T.Graf[1], K. Winter[1]

[1]Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) als Koordination Teilprojekt 1; Naumburger Str. 98; 07743 Jena
[2]Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF); Eberswalder Str. 84; 15374 Müncheberg
[3]Justus-Liebig-Universität Gießen; Senckenbergstr. 3; 35390 Gießen
[4]Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB); Max-Eyth-Allee 100; 14469 Potsdam
Ansprechpartner:
Jens Eckner (TLL); e-mail: *jens.eckner@tll.thueringen.de*; Tel: +49 3641683254

Einleitung

Nachhaltiger Anbau von Energiepflanzen ist nur im Rahmen von Fruchtfolgen realisierbar. Unter dieser Grundprämisse untersucht das EVA- Projekt Alternativen für eine Weiterentwicklung vorherrschender Anbausysteme. Anbauversuche bilden die Datengrundlage für übergreifende, interdisziplinäre Bewertungen der Produktion von Agrarrohstoffen und deren Auswirkungen auf Umwelt und Landschaft. Eine Beurteilung der Anbauoptionen erfolgt bisher auf getrennten Ebenen oder anhand einzelner Größen. Auftretende Zielkonflikte beispielsweise in Bezug auf Einkommenssicherung und Umweltschutz oder auf pflanzenbaulicher Ebene zwischen Ertragsmaximierung und Ertragszuverlässigkeit werden im folgenden aufgezeigt und sollen zukünftig verstärkt Berücksichtigung finden.

Material und Methoden

An 11, unterschiedliche Standortbedingungen Deutschlands repräsentierenden Standorten, werden im EVA-Projekt Fruchtfolgeversuche durchgeführt. Für einige Standorte liegen Daten aus 4 Rotationen vor.
Um im quantitativen Vergleich der geprüften Fruchtfolgen Aussagen über ihre Anbaueignung am jeweiligen Standort und ihre ökonomische und ökologische Vorzüglichkeiten zu ermöglichen werden Indikatoren aus einheitlich erhobenen, empirischen Daten abgeleitet oder modelliert. Für die Einzelindikatoren bestehen methodische Definitionen orientierend an Standards, Richtlinien und anerkannter wissenschaftlicher Arbeiten mit einheitlichen Bezugsgrößen und Systemgrenzen.

Ergebnisse und Diskussion

Für Aggregationen in thematischen Einheiten erfolgt eine Standardisierung und Normierung der gewonnen Indikatoren. Zunächst wurde in einzelnen Arbeitsgruppen und nach interdisziplinärer Diskussion für die Themenbereiche Anbaueignung (Pflanzenbau); Umweltwirkung (Ökologie); ökonomische Vorzüglichkeit (Ökonomie) und Ressourceneffizienz (Nachhaltigkeit) die zu verdichtenden Größen festgelegt. Die Gruppierungen fassen ausgewählte, sich auf betriebliche Planungs- und Entscheidungsgrößen, Schutzgüter oder rechtliche Rahmenbedingungen beziehende Indikatoren zusammen. Es erfolgt keine Gewichtung der Einzelindikatoren.
Die Bewertungsdarstellung erfolgt mehrstufig und ist primär für die Zielgruppen Praxisbetriebe und landwirtschaftliche Anwender ausgestaltet. Ausgehend von den Standortparametern und der aus den Parzellenversuchen gewonnenen Größen in der ersten Stufe, werden in der zweiten Stufe Indikatoren für die 4 thematischen

Bereiche aggregiert und in der Form eines Ampelsystems dargestellt (Ampel 1-4, Abb. 1). Die Bewertungseinteilung geschieht in Quartilen.

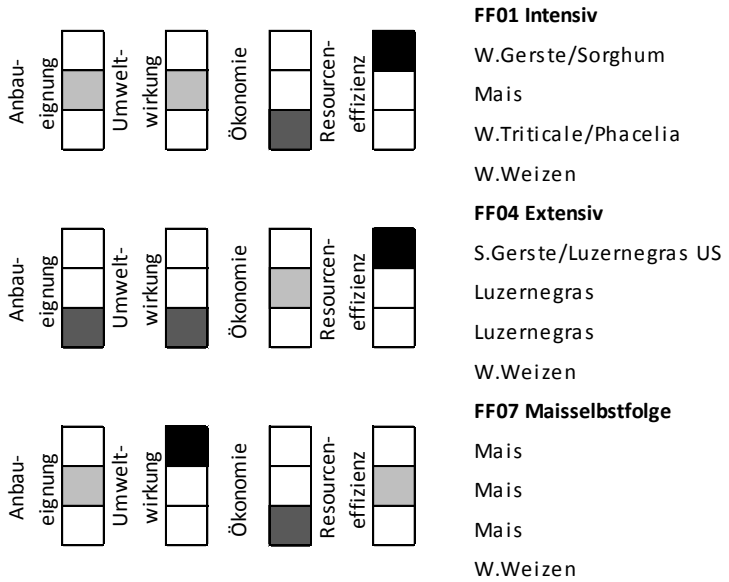


Abbildung 1: Indikatoraggregation, Standort Dornburg, 2005-2013, ausgewählte Fruchtfolgen (FF)

In der Ergebnisübersicht wird die standortabhängige Differenzierung einzelner Größen und der thematischen Aggregationen deutlich und damit auch unterschiedliche Vorzüglichkeiten der geprüften Fruchtfolgen visualisiert (Abb. 1). Unter Berücksichtigung von ökonomischer Leistungsfähigkeit, Kulturverfahren und ökologischer Balance sind am Standort Dornburg vielfältige Fruchtfolgen oder Fruchtfolgen mit integriertem mehrschnittigem Ackerfutter vorzüglicher zu bewerten als enge Maisfolgen. Bei der Anbauentscheidung gilt es verschiedene Bewertungsebenen gleichzeitig zu berücksichtigen, wobei neben der Gewinnmaximierung auch die gesellschaftliche Akzeptanz und Verantwortung eine Relevanz haben sollten.

Literatur

Auerbacher, J., Kornatz, P., & Dunkel, J. (2013). Abschlussbericht Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung (FKZ 22013208). Gießen.

Eckner, J., Strauss, C., Nehring, A., & Vetter, A. (2013). Abschlussbericht zum Teilprojekt 1 "Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime" (FKZ: 22013008). Jena: TLL.

Glemnitz, M., Willms, M., Platen, R., Specka, X., Peter, C., Prescher, A.-K., et al. (2014). Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus EVA, Endbericht, Teilprojekt 2. Müncheberg: ZALF.

Heiermann, M., Herrmann, C., Idler, C., & Plogsties, V. (2013). Abschlußbericht Teilprojekt 4: "Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis" (FKZ 22013308). Potsdam: ATB

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 19–20 (2015)

Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Durchwachsenen Silphie

Burkhard Schoo[1], Susanne Schroetter[1], Ulf Böttcher[2], Henning Kage[2] und Siegfried Schittenhelm[1]

[1]Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig; [2]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
E-Mail: *burkhard.schoo@jki.bund.de*

Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.; kurz: Silphie) wird gegenwärtig als ein alternatives bzw. ergänzendes Biogassubstrat zu Silomais diskutiert. Obgleich der Wasserhaushalt der Silphie bislang nicht wissenschaftlich untersucht wurde, soll sie neben ökologischen Vorteilen auch eine gewisse Trockentoleranz aufweisen (Bauböck et al. 2014; Franzaring et al. 2014). Das Ziel des vorliegenden Experiments war es ertragsphysiologische Parameter zu identifizieren (u.a. Wasseraufnahme- und Wassernutzungseffizienz) welche eine Trockentoleranz begründen könnten. Zu diesem Zweck wurde ein Bewässerungsfeldversuch mit Silphie sowie den beiden Referenzkulturen Mais und Luzernegras durchgeführt.

Material und Methoden

In den Jahren 2013 und 2014 wurden eine Silphie-Dauerkultur, eine Maisselbstfolge und mehrjähriges Luzernegras mit und ohne Zusatzbewässerung in einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit vier Wiederholungen angebaut. Die nutzbare Feldkapazität (nFK) in den bewässerten Parzellen betrug mindestens 50%. Die Bodenfeuchte wurde zweimal wöchentlich mit der kapazitiven Rohrsonde Diviner 2000 bis 160 cm Bodentiefe gemessen. Die Wassernutzungseffizienz (WUE) wurde aus dem Quotient von Trockenmasseertrag und Wasserverbrauch berechnet. Die Schätzung der Transpirationsnutzungseffizienz (TUE) erfolgte durch Parametrisierung eines beschreibenden Pflanzenwachstumsmodells (Wienforth 2011) für Silphie und Mais. Dabei wurde auch die Wirkung von Wassermangel auf den Trockenmassezuwachs anhand des Verhältnisses von aktueller und potentieller Transpiration (T_{act}/T_{pot}) quantifiziert. Die Beurteilung der Wasseraufnahmeeffizienz erfolgte basierend auf der Durchwurzelungstiefe und Durchwurzelungsintensität (RLD) sowie den tiefenspezifischen Bodenwasserentzügen der jeweiligen Kulturen. Die Wurzelproben wurden mittels Rammkernsondierung zum Zeitpunkt der Vollblüte der Silphie entnommen, vom Boden bereinigt und in Tiefenintervallen von 10 cm mit WinRHIZO Pro vermessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsreduktion durch Wassermangel war bei der Silphie mit durchschnittlich -33% deutlich stärker ausgeprägt als bei Mais (-18%) und Luzernegras (-14%) (Tabelle 1). Der Mais hatte vor allem aufgrund der hohen TUE eine deutlich höhere WUE als Silphie und Luzernegras. Auch der vergleichsweise niedrige Wert für T_{act}/T_{pot} weist auf eine höhere Trockenstressempfindlichkeit der Silphie im Vergleich zu Mais hin. Trotz intensiver Zusatzbewässerung von 235 und 230 mm in den Jahren 2013 bzw. 2014 scheint der Wasserbedarf der Silphie nur unzureichend gedeckt worden zu sein, da die aktuelle Transpiration im Mittel der Vegetationsperioden auf einem niedrigen Niveau lag.

Tabelle 1: Trockenmasseertrag und WUE sowie Ergebnisse der Simulationsstudie zu TUE und Stressfaktor T_{act}/T_{pot} bei Silphie, Mais und Luzernegras in Abhängigkeit vom Wasserregime im Mittel der Jahre 2013 und 2014.

Zusatz-bewässerung	Kultur	TM-Ertrag	WUE	TUE[§]	T_{act}/T_{pot}[§]
		dt ha^{-1}	— kg TM ha^{-1} mm^{-1} —		
Ohne	Silphie	10,8[f]	36[c]	54[c]	0,59[c]
	Mais	17,7[b]	55[a]	127[a]	0,72[b]
	Luzernegras	12,2[e]	33[d]	-	-
Mit	Silphie	16,1[c]	30[e]	39[d]	0,62[c]
	Mais	21,7[a]	45[b]	91[b]	0,91[a]
	Luzernegras	14,2[d]	29[e]	-	-

[§] Luzernegras wurde in der Simulationsanalyse nicht berücksichtigt.

Alle Kulturen wurzelten maximal 150 cm tief. Die Silphie hatte über das gesamte Bodenprofil eine niedrigere RLD als die beiden Vergleichskulturen. Nach Kage und Ehlers (1996) ist eine RLD von 0,1 cm cm^{-3} erforderlich um das pflanzenverfügbare Wasser aus der umgebenden Bodenmatrix vollständig aufnehmen zu können. Diese Voraussetzung erfüllte unterhalb von 100 cm Bodentiefe nur das Luzernegras. An sechs weiteren hinsichtlich Klima und Boden unterschiedlichen Standorten im Norden und Osten Deutschlands zeigte die Silphie eine intensivere und tiefere Durchwurzelung als der Mais (Schoo et al. 2013). Im Gegensatz zu Mais und Luzernegras war die RLD der Silphie unter Trockenstress tendenziell niedriger als bei guter Wasserversorgung. Die Bodenwasserausschöpfung zeigte bei der Silphie gegenüber dem Luzernegras, trotz des vergleichbar hohen Wasseranspruchs, geringere Entzüge aus tieferen Bodenschichten. Neben wurzelmorphologischen Eigenschaften scheint hierfür vor allem die geringere RLD der Silphie verantwortlich zu sein. Unseren Ergebnissen zufolge kann die Silphie mit dem Mais vergleichbar hohe Erträge nur auf Standorten mit einer guten Wasserversorgung realisieren.

Literatur

Bauböck R, Karpenstein-Machan M, Kappas M (2014) Computing the biomass potentials for maize and two alternative energy crops, triticale and cup plant (*Silphium perfoliatum* L.), with the crop model BioSTAR in the region of Hannover (Germany). Environmental Sciences Europe 26, 19.

Franzaring J, Schmid I, Bäuerle L, Gensheimer G, Fangmeier A (2014) Investigations on plant functional traits, epidermal structures and the ecophysiology of the novel bioenergy species *Sida hermaphrodita* Rusby and *Silphium perfoliatum* L. Journal of Applied Botany and Food Quality 87, 36-45.

Kage H, Ehlers W (1996) Does transport of water to roots limit water uptake of field crops? Journal of Plant Nutrition and Soil Science 159, 583-590.

Schoo B, Wessel-Terharn M, Schroetter S, Schittenhelm S (2013) Vergleich von Wurzelmerkmalen bei Silphie und Mais. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25, 241-242.

Wienforth B (2011) Cropping systems for biomethane production: a simulation based analysis of yield, yield potential and resource use efficiency. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Heft 77).

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert (FKZ: 22037311).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 21–22 (2015)

Einfluss von Bodenbearbeitung und Beregnung auf pflanzenbauliche Parameter einer diversen Energiepflanzen-Fruchtfolge im Vergleich zu Mais-Selbstfolge

Timm Sauer, Moritz Reckling und Johannes Hufnagel

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg.
E-Mail: *timm.sauer@zalf.de*

Einleitung

Im Kontext von Globalem Wandel und der zunehmenden Verknappung von Ackerland kommt der wissenschaftlichen Erforschung nachhaltiger Landnutzungsstrategien wachsende Bedeutung zu. Innerhalb der in Deutschland vieldiskutierten Produktion sog. Energiepflanzen zur Biogasgewinnung nimmt der Anbau von Mais aufgrund hoher Biomasseerträge bei vergleichsweise geringen Kosten eine zentrale Rolle ein (Schittenhelm et al., 2011). Der Anbau von Mais in Selbstfolge birgt jedoch auch Risiken negativer Umweltwirkungen wie Humusabbau, Biodiversitätsverlust und Nitratauswaschung (Bauboeck et al., 2014). In einem Feldversuch in Brandenburg wurden verschiedene Energiepflanzen-Anbausysteme hinsichtlich ihrer Biomasseproduktivität untersucht. Leichte Sandböden und eine ausgeprägte Sommertrockenheit unterstreichen die Bedeutung standortangepasster Nutzungsstrategien für diese Region. Über einen Zeitraum von 7 Jahren wurden eine Mais-Selbstfolge sowie eine diverse Fruchtfolge mit unterschiedlichem Management verglichen um folgende Hypothesen zu testen: (1.) Beregnung führt zu einer signifikanten Erhöhung des Biomasseertrags in allen Anbauvarianten, (2.) die Anwendung pflugloser Direktsaat führt zu deutlichen Ertragseinbußen und (3.) der durchschnittliche Biomasseertrag der Fruchtfolge über die Untersuchungsperiode entspricht in etwa dem der Mais-Selbstfolge.

Tab. 1. Experimentelles Design des 7-jährigen Feldversuchs

Managements	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Mais-Selbstfolge	Mais (*Zea mays*, Sorte Francisco S270), geerntet September/Oktober Zischenfrucht: Winter-Roggen (*Secale cereale*), nur unberegnet, abgespritzt Ende März			
Diverse Fruchtfolge	1. Winter-Roggen, geerntet Mai 2. Sorghum-Hirse, geerntet September	1. Winter- Triticale 2. Luzerne-Kleegras-Mischung	Luzerne-Kleegras-Mischung, drei Schnitte	Mais (*Zea mays*), geerntet im Herbst
Beregnung (nach BEREST)	beregnet (nur Sorghum) + unberegnet	unberegnet	beregnet + unberegnet	beregnet + unberegnet
Bodenbearbeitung	Pflug vs. Direktsaat			

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Forschungsstation des ZALF in Müncheberg durchgeführt. Der Standort ist durch Jahresniederschläge von durchschnittlich 562 mm und eine mittlere jährliche Lufttemperatur von 8,8°C charakterisiert. Die Vegetationsperiode beträgt durchschnittlich 170 Tage. Sieben Anbaujahre (2008-14) und acht Anbauvarianten à 3 Wiederholungen wurden analysiert. Es wurden drei Faktoren unterschieden: „Fruchtfolge“ (diverse Fruchtfolge vs. Mais-Selbstfolge mit Winterbegrünung), Beregnung (beregnet vs. unberegnet) und Bodenbearbeitung (Pflug vs. Direktsaat) (Tab. 1). Die Produktivität wurde als Trockenmasseertrag aus Ganz-

pflanzensilage bewertet. Die zur Winterbegrünung angebaute Zwischenfrucht der Mais-Selbstfolge wurde jeweils im Frühjahr abgespritzt und ging nicht in die Ertragsermittlung ein. In allen Varianten wurde auf Nährstoffentzug mit ausschließlich Mineraldünger gedüngt. Die Auswertung erfolgte mittels SAS und Tukey´s HSD-Test.

Ergebnisse und Diskussion

Mais-Selbstfolge unter Pflug und Beregnung stellte die allgemein ertragsstärkste Variante dar, wobei der positive Effekt der Beregnung in allen Jahren signifikant war (durchschnittlicher Mehrertrag von 22%). Innerhalb der diversen Fruchtfolge lag eine solche Signifikanz nur für Sorghum-Hirse vor. In lediglich zwei der sieben Jahre führte die Anwendung pflugloser Direktsaat zu einer signifikanten Verringerung des Mais-Ertrags in der Selbstfolge (Abb. 1). Dies steht im Gegensatz zu Ergebnissen anderer Studien (Anken et al., 2004; Gruber et al., 2012). Andererseits lässt sich die zeitliche Einordnung dieser Jahre am Ende der Untersuchungsperiode (Jahre 5+6) auch dahingehend interpretieren, dass mit zunehmender Dauer unter Direktsaat ertragsmindernde Effekte eintreten. In der Mais-Selbstfolge waren die Erträge der Pflugvarianten durchschnittlich 7% höher als unter Direktsaat. In der diversen Fruchtfolge hingegen kam es mit Ausnahme von Winterroggen und Wintertriticale zu keinen Ertragsminderungen durch Direktsaat. Im Gesamtmittel erzielte die diverse Fruchtfolge 82,3% des Gesamtertrages der Mais-Selbstfolge, allerdings artenbedingt mit jährlichen Fluktuationen (Abb. 1). Beim zeitgleichen Anbau von Mais in allen Systemen (Jahr 4) war ein Mehrertrag der diversen Fruchtfolge in Höhe von 6% gegenüber der Mais-Selbstfolge zu verzeichnen (Abb. 1). Dies ist durch den positiven Vorfrucht-Effekt der Luzerne-Kleegras-Mischung zu erklären. Eine abschließende agrarökonomische Beurteilung der Systemvarianten erfordert eine Analyse unter expliziter Berücksichtigung von Kosten und Erlösen.

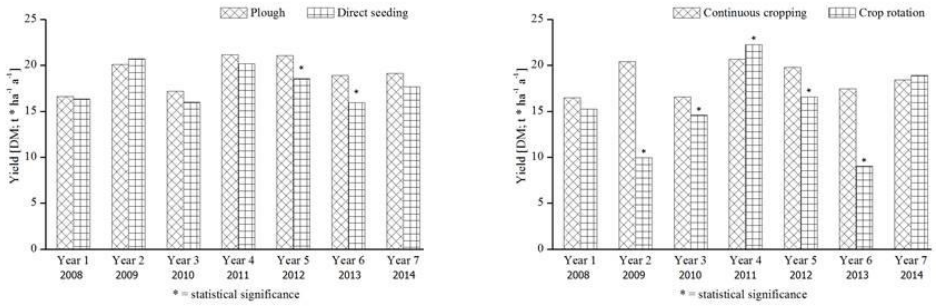


Fig. 1. Ergebnisse für Ertragsvergleich «Pflug vs. Direktsaat bei Mais-Selbstfolge» (links) und «Mais-Selbstfolge vs. Diverse Fruchtfolge» (rechts).

Literatur

Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J. & Perhacova, K. (2004). Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. Soil Till. Res., 78 (2), 171–183.

Bauboeck, R., Karpenstein-Machan, M. & Kappas, M. (2014). Computing the biomass potentials for maize and two alternative energy crops, triticale and cup plant with the crop model BioSTAR in the region of Hannover. Env. Sci. Eur. 2014, 26:19.

Gruber, S., Pekrun, C., Moehring, J. & Claupein, W. (2012). Long-term yield and weed response to conservation+stubble tillage in SW Germ.. Soil Till.Res.121,49–56.

Schittenhelm, S., Reus, D., Kruse, S. & Hufnagel, J. (2011). Assessment of productivity and profitability of sole and double-cropping for agricultural biomass production. Journal fuer Kulturpflanzen, 63 (11), 387–395.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 23–24 (2015)

Möglichkeiten der Kaskadennutzung von Miscanthus zur Erhöhung der Ressourceneffizienz

Felix Winzer[1,4], Carl-Philipp Witzel[2,4], Thorsten Kraska[3,4], Robert Finger[2,4] und Ralf Pude[1,2,4]

[1]Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Nachwachsende Rohstoffe, Landwirtschaftliche Fakultät, Universität Bonn, Klein-Altendorf 2, 53359 Rheinbach
[2]Institut für lebensmittel- und Ressourcenökonomik, Landwirtschaftliche Fakultät, Universität Bonn, Meckenheimer Allee 174, 53115 Bonn
[3]Aussenlabor Campus Klein-Altendorf, Landwirtschaftliche Fakultät, Universität Bonn, Klein-Altendorf 2, 53359 Rheinbach
[4]Bioeconomy Science Center (BioSC), c/o Research Center Jülich, Germany
E-Mail: *fwinzer@uni-bonn.de*

Miscanthus ist ein schnell wachsendes C_4-Gras mit hohen Biomasseerträgen und damit ein viel versprechender und universell einsetzbarer Rohstoff für die Bioökonomie. Aufgrund der Standortansprüche dieser low-input Pflanze ist der Anbau von Miscanthus auch auf Flächen möglich, die nicht für die Lebensmittelproduktion geeignet sind. Zusätzlich können ökosystemare Dienstleistungen, wie Phytoremediation oder die Steigerung der Biodiversität auf den Flächen erfüllt werden (Pidlisnyuk et al. 2014).
Miscanthus eignet sich zur direkten energetischen Verwendung (Verbrennung) und zur Produktion von Biokraftstoffen (Hodgson et al. 2011). In Bioraffinerien könnte Miscanthus aufgrund des hohen Lignocellulosegehaltes zur Herstellung von Plattformchemikalien genutzt werden (Parveen et al. 2013). Weitere stoffliche Verwendungsmöglichkeiten wie Tiereinstreu, Kultursubstrat im Gartenbau, bio-basierte Kunststoffe, Verbundwerkstoffe oder Dämmstoffe zeigen das enorme Potenzial von Miscanthus als Rohstoff für eine biobasierte Industrie (Geuder 2006). Trotz der Fülle an Verwendungsmöglichkeiten fokussiert sich die Industrie häufig auf die Nutzung eines Produktes. Nebenprodukte (die im Prozess der Verarbeitung entstehen) werden oft als Abfall betrachtet, für den eine gezielte Weiterverwendung nicht vorgesehen ist oder nur für die Bereitstellung der Prozesswärme genutzt wird. Das Gleiche gilt für viele Produkte nach ihrer „ersten“ Verwendung. Die Strategie einer nachhaltigen Bioökonomie sollte die Steigerung der Rohstoffeffizienz und der Erhalt der Umwelt sein. Die Herausforderung besteht darin, für möglichst viele Neben- und Endprodukte eine (Weiter-)Verwendung als Rohstoff für eine anschließende „zweite“ Verwertung (bzw. Recycling) zu erkennen. Dies ist durch die Kombination aus zunächst stofflicher und im letzten Schritt energetischer Verwertung in einer Nutzungskaskade möglich. Die Entwicklung der dafür notwendigen komplexen Wertschöpfungsketten erfordert einen interdisziplinären Ansatz, der durch das Bioeconomy Science Center (BioSC) verfolgt wird. Der BioSC wird vom Land Nordrhein-Westfalen finanziert und bündelt die Kompetenz von über 50 Arbeitsgruppen aus den Bereichen der Pflanzenwissenschaft, der Prozess- und Verfahrenstechnik, Mikrobiologie und Ökonomie. Im Rahmen des BioSC-Projektes „Cascade Utilization of Miscanthus to incease resource efficiency“ konnte an der Modellpflanze Miscanthus gezeigt werden, dass viele Verwendungsmöglichkeiten für Biomasse technisch realisierbar sind und in einer Nutzungskaskade angeordnet werden können. Für die Verknüpfung der einzelnen Nutzungsmöglichkeiten ist die Kenntnis der Rohstoffqualitäten entlang der Wertschöpfungskette von zentraler

Bedeutung. Die Qualität von Miscanthus als Rohstoff ist von vielen abiotischen Faktoren (z.B. Wetter, Kulturführung, Standortbedingungen und Erntezeitpunkt) und biotischen Faktoren (z.B. Sorte, Pathogene und Schädlingen) abhängig und hat einen Einfluss auf die Zusammensetzung des Ernteguts. Besonders wichtig ist sind hierbei die Gehalte an Lignocellulose und Mineralien. Während für die Qualitätsbestimmung des Rohstoffes nach der Ernte auch langjährige Erfahrungen und Kenntnisse vorliegen, gibt es nur wenige bis keine Daten über die Qualität des Rohstoffes nach einer ersten Verwendung, und ob damit die Anforderungen für eine sich anschließende Verwendung gegeben sind.
Neben der technischen Umsetzungsmöglichkeiten von Kaskaden basierend auf Miscanthus als einem primären Rohstoff ist ein weiteres Ziel des MisCas-Projekts die ökonomisch Betrachtung solcher komplexen Wertschöpfungsketten, die auch mehrere Nutzungskaskaden umfassen. Die derzeitige Anbaufläche von Miscanthus ist gering (ca. 4500 ha bundesweit) (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) 2014). Hauptgründe für den geringen Anbau von Miscanthus sind die niedrigen Preise und die große Anbauunsicherheit, welche aus der langen Nutzungsdauer von 15 – 20 Jahren resultieren. Hohe Unsicherheit und Risikowahrnehmung auf Seiten der Landwirte entstehen insbesondere durch die hohe Volatilität der Energiepreise (welche als Bezugspunkt für die Miscanthuspreise dienen) und die bis jetzt wenig etablierten Rohstoffmärkte für Miscanthus und andere Biomassen als Rohstoff für eine stoffliche Nutzung.
Eine Kaskadennutzung mit zusätzlichen Nutzungsformen und -wegen würde zur Entstehung von neuen Marktsektoren beitragen und einen höheren Rohstoffbedarf zur Folge haben. Dies verschafft den Landwirten eine zusätzliche Flexibilität in Bezug auf die Vermarktung von Miscanthus. Die Kaskadennutzung von Biomasse würde damit nicht nur neue Absatzmärkte schaffen sondern auch durch die Mehrfachnutzung des Rohstoffs dessen Ressourceneffizienz erhöhen. Diese Nutzungsstrategie wäre ökonomisch und ökologisch sinnvoll und könnte damit zu einer nachhaltigen Bioökonomie beitragen.

Gefördert durch das Bioeconomy Science Center, c/o Research Center Jülich

Literatur

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2014): Basisdaten Bioenergie Deuschland 2014. Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow-Prüzen.

Geuder, Ulrich (2006): Eignung unterschiedlicher Materialien für die Einstreu in der Pferdehaltung. Institut für Tierhaltung und Tierschutz, 2006.

Hodgson, E. M.; Nowakowski, D. J.; Shield, I.; Riche, A.; Bridgwater, A. V.; Clifton-Brown, J. C.; Donnison, I. S. (2011): Variation in Miscanthus chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermo-chemical bio-refining for fuels and chemicals. In: *Bioresource technology* 102 (3), S. 3411–3418. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.10.017.

Parveen, Ifat; Wilson, Thomas; Donnison, Iain S.; Cookson, Alan R.; Hauck, Barbara; Threadgill, Michael D. (2013): Potential sources of high value chemicals from leaves, stems and flowers of Miscanthus sinensis 'Goliath' and Miscanthus sacchariflorus. In: *Phytochemistry* 92, S. 160–167. DOI: 10.1016/j.phytochem.2013.04.004.

Pidlisnyuk, Valentina; Stefanovska, Tetyana; Lewis, Edwin E.; Erickson, Larry E.; Davis, Lawrence C. (2014): Miscanthus as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation. In: *Critical Reviews in Plant Sciences* 33 (1), S. 1–19. DOI: 10.1080/07352689.2014.847616.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 25–26 (2015)

Abbaudynamik verschiedener organischer Inhaltsstoffe von Mais-, Sonnenblumen- und Sorghumsilage bei der anaeroben Vergärung

Liina Nurk, Lutz Bühle, Michael Wachendorf

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe
E-Mail: *liina.nurk@uni-kassel.de*

Einleitung

Die Anbaufläche von Energiepflanzen für die Biogasproduktion ist in Deutschland in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Es gibt eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen zum Biogasertragspotenzial verschiedener Energiepflanzen, die zeitliche Abbaudynamik verschiedener organischer Inhaltsstoffe unter den Bedingungen der anaeroben Fermentation wurde bislang jedoch kaum untersucht. Diese Untersuchung hatte zum Ziel, anhand von Silagen aus Mais, Sonnenblume und Sorghum unterschiedlicher Reifestadien den zeitlichen Abbau von organischer Masse, der Faserfraktionen NDF und ADF sowie den Methanertrag zu analysieren.

Material und Methoden

Gegenstand der Untersuchung waren die Energiepflanzen Mais (*Zea mays*), Sonnenblume (*Heliantus annuus*) und Sorghum (*Sorghum sudanense*). Von jeder Pflanzenart wurden in vier verschiedenen Reifestadien Proben genommen und für weitere Untersuchungen siliert.

Die Vergärungsversuche wurden unter Anwendung einer in-sacco-Methode in 20 l Fermentern durchgeführt, die jeweils zu Beginn des Versuchs mit Inokulum und der zu untersuchenden Silage (in 10 x 20 cm Nylonbags) befüllt wurden. Zusätzlich wurden eine Kontrolle ohne die Zugabe von Silage sowie ein Standard aus Inokulum und Cellulose angesetzt. Sämtliche Versuchsansätze wurden in Doppelbestimmung durchgeführt. Um die zeitliche Abbaudynamik zu untersuchen, wurden die Fermenter nach 1, 2, 3, 4, 7, 15, 21 und 35 Tage geöffnet und die verbleibende Probe analysiert. Für jede Versuchsdauer wurde ein separater Gärversuch durchgeführt.

Direkt nach dem Öffnen der Fermenter wurden die Proben in eiskaltes Wasser gebracht, um die Aktivität der Mikroben zu stoppen. Danach wurden die Proben in einer Waschmaschine mit kaltem Wasser gewaschen und geschleudert. Danach wurden sie bei 105 ^{0}C im Trockenschrank getrocknet und anschließend auf 1 mm gemahlen. Es folgte die Analyse auf organische Masse (OM), NDF und ADF (ANKOM 200 Fiber Analyzer)(Van Soes und Wine 1967) sowie Stickstoff (Elementar Analyzer).

Die produzierten Biogas- und Methanmengen wurden nur von der Probe, die 35 Tage vergoren wurde, gemessen. Die Biogasmenge wurde mittels Trommelgaszähler (TG 5, Ritter) und der Methangehalt mit einem Infrarotgasanalysator (GS IRM 100, GS Messtechnik GmbH) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Abbau der organischen Substanz betrug jeweils 73, 66 und 79% bei Mais, Sonnenblumen und Sorghum (Tabelle 1). Die durchschnittliche Abbaubarkeit der NDF- und ADF-Fraktion war höher für Mais und Sorghum (85 und 98%) als für die Sonnenblume (48 und 52%). Die Methanausbeute nach 35 Tagen

der Vergärung belief sich auf jeweils 360, 278, und 320 l_N CH_4/kg organischer Substanz für Mais, Sonnenblume und Sorghum.

Tabelle 1. Kinetische Parameter des Abbaus von OM, NDF, ADF sowie Methanausbeute bei der anaeroben Vergärung von Mais, Sonnenblumen und Sorghum Silagen unterschiedlicher Reifestadien. Der Abbau wurde angepasst an das Modell $y = y0+a*e^{-bx}$.

	Ernte	Organisches Material			NDF			ADF			Methan
	zeit	y_0	a	b	y_0	a	b	y_0	a	b	$L_N kg^{-1}$ VS
Mais	1	14.63	81.51	0.40	11.47	88.55	0.18	13.65	87.10	0.17	335
	2	17.93	73.07	0.17	1.91	99.26	0.07	1.93	97.48	0.06	340
	3	22.36	73.43	0.40	21.60	78.86	0.16	25.45	74.49	0.16	369
	4	17.96	76.97	0.33	15.22	77.88	0.11	17.10	78.65	0.09	389
Sonnen-blume	1	20.43	76.21	0.55	32.77	62.10	0.30	29.63	66.56	0.28	274
	2	35.61	59.51	0.27	56.67	40.85	0.15	49.97	48.89	0.15	231
	3	31.40	66.81	0.65	43.68	51.69	0.34	43.30	54.56	0.39	260
	4	38.97	61.32	1.38	59.99	40.35	1.21	61.86	39.06	1.02	347
Sorghum	1	12.53	80.58	0.17	5.78	98.98	0.10	6.62	97.62	0.10	310
	2	10.17	83.67	0.25	5.46	98.96	0.15	7.04	96.59	0.16	326
	3	12.71	78.30	0.11	4.11	98.63	0.09	1.69	99.80	0.06	323
	4	16.93	73.14	0.12	3.84	99.21	0.07	4.96	98.33	.07	323
Art (A)		***	***	***	***	***	***	***	***	.	***
Erntezeit (EZ)		**	***	***	**	*	**	**	**	ns	***
A*EZ		**	**	***	***	**	***	**	*	ns	**

Abbildung 1 verdeutlicht den hohen Abbaugrad für die NDF-Fraktion für die Mais- und Sorghumsilagen. Während die NDF-Fraktion über einen längeren Zeitraum abgebaut wird, erfolgt die Umsetzung des Proteins in bedeutend kürzerer Zeit.

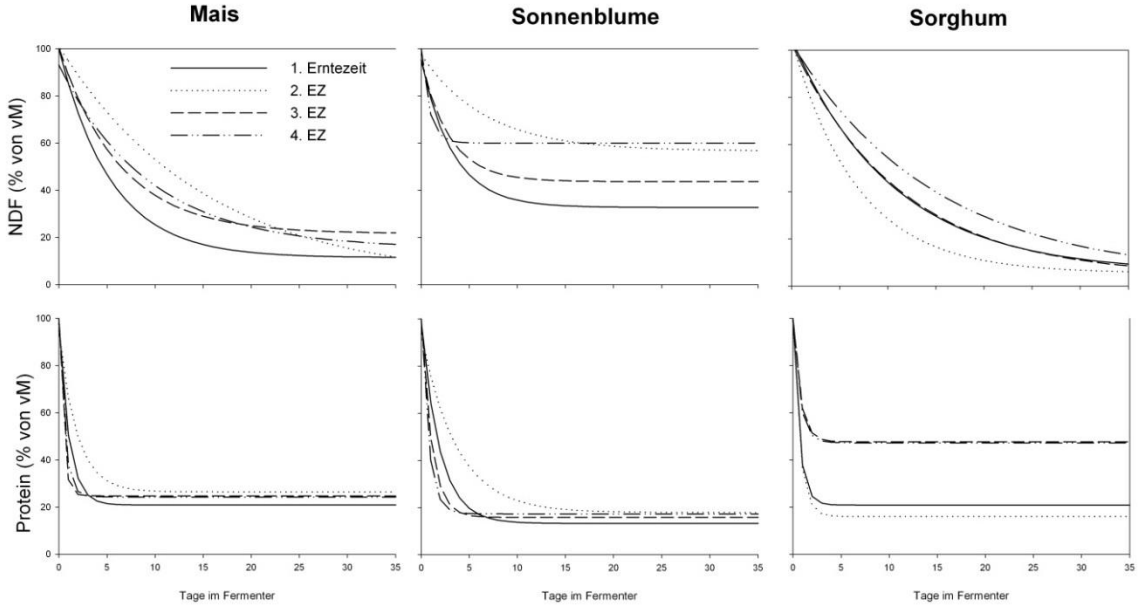


Abbildung 1. Abbaukurven von NDF und Protein, dargestellt in % und bezogen auf die ursprünglich dem Fermenter zugeführte Masse.

Literatur

Van Soest, P.J., Wine, R.H. (1967): Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. IV. Determination of Plant Cell-Wall Constituents. Journal of the A.O.A.C. (Vol. 50, No. 1): 50-55.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 27–28 (2015)

Ergebnisse einer Analyse des konventionellen Anbaus von Körnerleguminosen in landwirtschaftlichen Betrieben

P. Zerhusen-Blecher[1], D. Kramps-Alpmann[1], S. Rohn[2], J. Braun[1], B.C. Schäfer[1]

[1]Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, 59494 Soest; [2] Universität Hamburg, Institut für Lebensmittelchemie, 20146 Hamburg. E-Mail: *zerhusen-blecher.petra@fh-swf.de*

Einleitung

Die Ausgestaltung der aktuellen GAP-Reform und länderspezifische Agrarumweltmaßnahmen haben ein gestiegenes Interesse an Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen in der Landwirtschaft zur Folge, obwohl fehlende wirtschaftliche Attraktivität oftmals als Grund gegen den Anbau dieser Kulturen genannt wird. 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 auf der Grundlage von Buchführungsdaten und Umfrageergebnissen konventioneller landwirtschaftlicher Betrieben analysiert, die Ackerbohnen, Erbsen oder Lupinen anbauen.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 bis 2014 wurde in den Regionen Nord-, Ost- und Mitteldeutschland der Körnerleguminosenanbau mit insgesamt 97 Datensätzen konventionell wirtschaftender Betriebe ausgewertet. Als Berechnungsgrundlage wurde die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) gewählt. Vergleichend wurde den Leguminosen je eine betriebsindividuelle alternative Kultur ökonomisch gegenübergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Jahren 2012 bis 2014 lagen die durchschnittlichen Erträge für Ackerbohnen zwischen 50 und 58 dt/ha, für Erbsen zwischen 35 bis 40 dt/ha und für Lupinen zwischen 20 bis 25 dt/ha in den untersuchten Betrieben und lagen damit über dem bundesweiten Durchschnitt.

Gut 75% der Erbsen, ca. 65% der Ackerbohnen und 35 bis 50% de Lupinen wurden über den Markt abgesetzt. Bei Verwertung der Leguminosen in der Viehhaltung flossen die größten Mengen der geernteten Leguminosen in den Wiederkäuertrog, bei Lupinen bis zu 63%. 6 – 10% der Ackerbohnen- und Erbsenernte fanden Einsatz in der Schweinefütterung. Bedingt durch den guten Futterwert der Leguminosen können insbesondere bei innerbetrieblicher Verwertung hohe Erlöse erzielt werden. Der Vorfruchtwert stellt ein weiteres wichtiges Kriterium für den Anbau von Leguminosen dar. Er schlägt sich positiv in dem erzielten Erlös für Körnerleguminosen nieder. Alle befragten Landwirte bestätigten den positiven Vorfruchteffekt, der besonders im Mehrertrag der Folgefrucht gesehen wird (Tab. 1).

Tabelle 1: Durchschnittlicher monetärer Vorfruchtwert der Körnerleguminosen (€/ha) im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht in den Jahren 2012 bis 2014

	Ackerbohne			**Erbse**			**Lupine**		
Betrachtungszeitraum	2012 (n=18)	2013 (n=15)	2014 (n=14)	2012 (n=12)	2013 (n=10)	2014 (n=8)	2012 (n=6)	2013 (n=6)	2014 (n=5)
N-Einsparung (€/ha)	26	32	35	28	26	26	17	17	15
Monetärer Mehrertrag Folgefrucht (€/ha)	128	128	113	164	109	90	145	97	94
Einsparung Boden-bearbeitung (€/ha)	42	53	59	35	35	26	23	32	34
Vorfruchtwert (€/ha)	**204**	**203**	**207**	**239**	**170**	**142**	**185**	**136**	**143**

Die betriebswirtschaftlichen Auswertungen des Körnerleguminosenanbaus in Praxisbetrieben in den Jahren 2012 bis 2014 verdeutlichen, dass im Durchschnitt der Betriebe für alle Körnerleguminosen positive DAL erzielt werden und insbesondere Ackerbohnen, aber auch Körnererbsen und im Einzelfall Lupinen eine konkurrenzfähige Alternative zu anderen Fruchtfolgegliedern sein können (Tab. 2).
Die Ackerbohne erzielt selbst auf ertragsschwächeren Standorten eine höhere DAL als die genannten Vergleichsfrüchte. Gegenüber Winterraps ist sie hingegen konkurrenzlos. Die Erbse konnte eher mit der Sommer-, bzw. Wintergerste konkurrieren, dem Winterweizen und Winterraps war sie unterlegen. Bei der Lupine zeigten sich die Vergleichskulturen Winterweizen und –roggen im Mittel der drei Jahre betriebswirtschaftlich konkurrenzstärker. Bei einer betriebsspezifischen Betrachtung konnten hingegen einzelne Landwirte mit der Lupine eine höhere DAL erwirtschaften als mit der Vergleichskultur, dies vor allem auf den ertragsschwachen Standorten.

Tabelle 2: Differenz der erwirtschafteten DAL (Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen) von Körnerleguminosen (Basis: Entzugsdüngung; mit Vorfruchtwirkung (VFW)) und den von den Betriebsleitern genannten Vergleichskulturen

Mittelwert der Jahre 2012-2014	**Differenz DAL (€/ha)**					
	Ackerbohne		**Erbse**		**Lupine**	
Durchschnitt aller Vergleichsfrüchte	**205,98**	(n=38)	**10,2**	(n=31)	**-177,9**	(n=17)
Winterweizen	157,4	(n=21)	-60,2	(n=11)	-427,6	(n=6)
Raps	-149,4	(n=5)	-363,8	(n=3)		
So.-, Wi.-Gerste	319,3	(n=5)	0,1	(n=10)		
Hafer	157,4	(n=4)				
Silo-, Kö.-Mais	895,9	(n=3)	582,5	(n=4)		
Winterroggen			119,4	(n=1)	-41,7	(n=11)
Triticale			166,5	(n=1)		
Durum			-546,9	(n=1)		

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 29–30 (2015)

Vorfruchtwirkung unterschiedlicher Leguminosenarten, –anteile und deren Nutzung auf Winterweizen in einem Dauerfeldversuch

Castell A.[1], Eckl T.[2], Heiles E.[2] und Urbatzka P.[1]

[1]Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, 85354 Freising; [2]Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Versuchsbetriebe, 85586 Poing. E-Mail: *Adelheid.Castell@LfL.Bayern.de*

Einleitung

Im ökologischen Pflanzenbau ist die Gestaltung der Fruchtfolge von wesentlicher Bedeutung, da die Nährstoffversorgung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit gesichert werden muss. Im viehlosen Betrieb bildet der Leguminosenanbau die Grundlage für die Stickstoffversorgung, dem viehhaltenden Betrieb steht organischer Dünger zur Verfügung. Gerade die ökologische Erzeugung von Backweizen stellt hohe Anforderungen an die Fruchtfolgegestaltung. Die Auswirkung legumer Vorfrüchte auf Merkmale von Weizen wurde bereits mehrfach untersucht, z. B. in Loges et al., 1999. Ein ökologischer Dauerfeldversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) am Standort Puch simuliert mit fünf Fruchtfolgen viehlose und viehhaltende Betriebssysteme und lässt einen Vergleich zwischen diesen hinsichtlich Ertrags- und Qualitätsmerkmalen von Winterweizen zu.

Material und Methoden

Der Fruchtfolgeversuch wurde im Herbst 1997 als Blockanlage mit drei Wiederholungen an der Versuchsstation Puch angelegt (Landkreis Fürstenfeldbruck, Bodentyp Pseudogley-Parabraunerde, Bodenart sL, 64 Bodenpunkte, langjährige Mittel: 8,0 °C, 820 mm). Er umfasst vier dreifeldrige und eine fünffeldrige Fruchtfolge (FF), die alle Winterweizen (Sorte Achat) enthalten. Vorfrucht von Winterweizen ist in FF1 bis FF4 die Kartoffel, in FF5 Kleegras und in FF6 eine Körnerleguminose (KL). Die Leguminosen in den fünf Fruchtfolgen unterscheiden sich in ihrem Anteil (33 % – 40 %), der Art (Kleegras oder Körnerleguminose) sowie in der Nutzung des Kleegrases (Mulchen oder Schneiden) (Tab.1). Jedes Fruchtfolgefeld wird jedes Jahr angebaut.

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsvarianten

	FF1	FF2	FF4	FF5	FF6
	viehhaltend		**viehlos**		
1. Jahr	Kleegras (Schnitt)	Kleegras (Schnitt)	Kleegras (Mulch)	Kleegras (Mulch)	KL[2]
2. Jahr	Kleegras (Schnitt)	Kartoffel 25 m³ Gülle	Kartoffel	**Winterweizen** (+ZF[1])	**Winterweizen** (+ZF[1])
3. Jahr	Kartoffel 25 m³ Gülle	**Winterweizen** 20 m³ Gülle	**Winterweizen**	Sommergerste	Sommergerste (+ZF[1])
4. Jahr	**Winterweizen** 20 m³ Gülle				
5. Jahr	Winterroggen 20 m³ Gülle				

[1)]ZF = Zwischenfrucht Alexandrinerklee

[2)] KL=Körnerleguminose Sojabohne, ab 2012 Ackerbohne

Die Bruttoparzellengröße beträgt 150 m^2. Dabei simulieren FF1 und FF2 ein viehhaltendes Betriebssystem, in dem Kleegras geschnitten und abgefahren und zu den Marktfrüchten eine organische Düngung in Form von Rindergülle gegeben wird. FF4 bis FF6 werden wie viehlose Betriebe geführt, d.h. das Kleegras wird gemulcht und es erfolgt keine organische Düngung. Getreidestroh wird immer abgefahren. Die Qualitätsparameter Rohproteingehalt und Feuchtklebergehalt wurden nach den Standard-Methoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie (ICC) durchgeführt. Das Backvolumen wurde in einem Kleingebäck-Backversuch bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.3. Alle dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Jahre 2005-2013.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Erträge liegen zwischen 34,8 dt/ha und 56,7 dt/ha (Tab. 2). Weizen nach Körnerleguminose (FF6) erzielt den signifikant geringsten Ertrag und Bestandesdichte sowie die signifikant niedrigste Backqualität. Ausschließlich die Stellung unmittelbar nach gemulchtem Kleegras in FF5 führt zu einem befriedigenden Backvolumen (Einstufung nach Felgentreff et al., 2005). Die Vorfruchtwirkung der Körnerleguminose in FF6 ist nicht ausreichend, um Backqualität oder zufriedenstellende Erträge zu erzeugen. Weizen in FF1, FF2 und FF4 unterscheiden sich trotz unterschiedlicher Leguminosenanteile und –management sowie fehlender organischer Düngung in FF4 in keinem der dargestellten Merkmale signifikant. Weitere Prüfjahre müssen abgewartet werden, um die niedrigeren Kornerträge in FF4 (im Vergleich zu FF1) zu bestätigen. Auf das TKM hat die Fruchtfolge keinen signifikanten Einfluss. An einem zweiten Versuchsstandort (Viehhausen) zeigt sich dagegen eine Überlegenheit von Weizen nach zweijährigem Kleegras (FF1) bezüglich Bestandesdichte und Kornertrag, die Rangfolge der Merkmale Backvolumen, RP- und Feuchtklebergehalt ist identisch (Castell et al., 2015).

Tabelle 2: Mittlere Ertrags- und Qualitätsmerkmale von Winterweizen

Fruchtfolge	Korn-ertrag dt/ha	Bestandes-dichte Ähren/m^2	TKM g	RMT-Backvolumen ml	RP-Gehalt %	Feucht-kleber-gehalt %
FF1	56,7 A	349 A	43,4 n.s.	589 B	10,4 B	21,3 AB
FF2	54,9 A	349 A	43,6	588 B	10,3 B	20,7 B
FF4	49,6 A	339 A	43,7	583 B	10,4 B	21,6 AB
FF5	53,2 A	368 A	42,5	621 A	11,1 A	23,7 A
FF6	34,8 B	301 B	42,7	536 C	9,7 C	18,6 C
Jahre n	9	9	8	8	8	7

Unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) nach Student-Newman-Keuls Mittelwertvergleich; n.s. = nicht signifikant

Literatur

Castell, A., Salzeder, G.; Schmidt, M.; Urbatzka, P. (2015): Einfluss der Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität von Winterweizen in viehhaltenden und in viehlosen Betriebssystemen - Ergebnisse eines Dauerfeldversuches. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 182-185

Felgentreff, U., Otto K.-H., Weissig, F. (2005): Qualitätskriterien zur Beurteilung von Bio-Getreide und –Mehl. http://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/oeko_lehrmittel/Ernaehrungswirtschaft /Baecker_Konditor/bk_modul_b/bk_b_01/bkmb01_08.pdf (Abruf 22.6.2015)

Loges, R., Kaske, A., Taube, F., 1999: Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. http://orgprints.org/2153/ (Abruf 21.6.2015)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 31–32 (2015)

Auswirkung der Futterleguminosenart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag von Winterweizen im ökologischen Landbau

Peer Urbatzka[1], Anna Rehm[1], Thomas Eckl[2] und Georg Salzeder[3]

[1]Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz; [2]Abteilung Versuchsbetriebe; [3]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, alle Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. E-Mail: *peer.urbatzka@lfl.bayern.de*

Einleitung

Im ökologischen Landbau ist der Anbau von Leguminosen die Hauptquelle von Stickstoff. Die Auswirkung verschiedener Futterleguminosen und verschiedener Saatzeiten bei unterschiedlicher Nutzung auf die Nachfrüchte wurde im deutschsprachigen Raum bisher nur wenig untersucht (Loges 1998). Diese Auswirkung wurde in einer Feldversuchsserie geprüft.

Material und Methoden

Für die Versuchsserie wurde die Fruchtfolge Wintertriticale, Futterleguminose und die Nachfrucht Winterweizen ausgewählt. Die Saat der Leguminosen erfolgte als Untersaat Ende April/Anfang Mai vor der letzten Beikrautregulierung mit einem Striegel in die Triticale als Deckfrucht, als Stoppelsaat nach dem Drusch der Triticale und als Blanksaat im Frühjahr des Hauptnutzungsjahres. Geprüft wurden folgende Futterleguminosen:

- Untersaat: Rotklee und Luzerne in Reinsaat, eine Mischung aus Weiß- und Gelbklee sowie Kleegras mit Rot-, Weißklee und Luzerne
- Stoppelsaat: siehe Untersaat
- Blanksaat: Alexandrinerklee, Perserklee, eine Sommerkleemischung (BSV 3907 mit Perserklee, Alexandrinerklee und Rotklee) und Kleegras (siehe Untersaat).

Die Kleenutzung erfolgte als Mulchen und als Abfuhr ohne Rückführung über organische Düngung. Der Winterweizen (cv. *Achat*) wurde in den Jahren 2012 bis 2013 auf den Standorten Hohenkammer (Braunerde, sL, Ackerzahl 55; langjährige Mittel: 816 mm; 7,8 °C) und Viehhausen (Braunerde, sL, Ackerzahl etwa 60; langjährige Mittel: 786 mm; 7,8 °C), beide im Ldk. Freising, angebaut. Die Saatstärke lag bei 400 keimfähigen Körnern je m², Saatzeit war ortsüblich Anfang bis Mitte Oktober. Die Parzellengröße betrug 30 m². Der N-Gehalt der Körner wurde nach Kjeldahl analysiert.

Als Versuchsanlage wurde eine dreifaktorielle zweistufige Spaltanlage mit vier (Hohenkammer) bzw. drei (Viehhausen) Wiederholungen gewählt. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3 in drei Teilabschnitten (alle Varianten in Untersaat und Stoppelsaat; alle Varianten in Blanksaat; alle Saatzeiten beim Kleegras).

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Teilauswertung über Unter- und Stoppelsaaten wurde eine signifikante Dreifach-Wechselwirkung bzgl. Kleenutzung, Saatzeit und Leguminosenart festgestellt, während bei den anderen beiden Teilauswertungen keine signifikante Wechselwirkung vorlag. Erwartungsgemäß erzielte die Nachfrucht Weizen nach der Kleenutzung Mulchen in allen Varianten im Vergleich zur Abfuhr höhere Marktware- und Rohproteinerträge (Tab. 1+2). Im Mittel lag der Mehrertrag bei 5,9 dt ha^{-1} bei der Marktware und 0,6 dt ha^{-1} beim Rohproteinertrag. Hintergrund ist die fehlende Rückführung der abgefahrenen Nährstoffe des oberirdischen Aufwuchses des

Kleegrases über organische Düngung. Auch bei einer früheren Saatzeit der Futterleguminosen lagen die Erträge der Nachfrucht Weizen höher. Im Vergleich der Unter- zur Stoppelsaat waren beim Marktwarenertrag fünf von acht und beim RP-Ertrag sieben von acht Varianten die Unterschiede signifikant (Tab. 1). Beim Vergleich Stoppel- und Blanksaat wurden nach Kleegras vergleichbare Erträge festgestellt (Tab. 2). Loges (1998) fand dagegen zwischen ein- und zweijährigen Rotklee und Kleegras nur einen geringen Effekt im nachfolgenden Weizen. Auf Artenebene erzielte der Weizen nach der Mischung aus Weiß- und Gelbklee und teils auch nach Rotklee höhere Marktwaren- und RP-Erträge als nach Kleegras in Übereinstimmung zu Urbatzka et al. (2011) ebenso nach Luzerne (Tab. 1).

Tab. 1: Marktwaren- und RP-Ertrag (dt ha^{-1}) der Nachfrucht Weizen nach Futterleguminose in Unter- und Stoppelsaat

		Marktwarenertrag		**RP-Ertrag**	
		Untersaat	**Stoppelsaat**	**Untersaat**	**Stoppelsaat**
Weißklee/ Gelbklee	Mulchen	55,4 a A *a*	49,8 a B *a*	5,51 a A *a*	4,76 a B *a*
	Abfuhr	49,0 b A *A*	44,3 b B *A*	4,73 b A *A*	4,17 b B *A*
Rotklee	Mulchen	50,5 a NS *b*	49,7 a *a*	4,74 a NS *b*	4,62 a *a*
	Abfuhr	45,5 b A *B*	42,4 b B *AB*	4,20 b A *B*	3,80 b B *B*
Luzerne	Mulchen	52,5 a A *c*	46,7 a B *b*	4,94 a A *b*	4,28 a B *b*
	Abfuhr	43,5 b NS *B*	41,5 b *B*	4,08 b A *B*	3,82 b B *B*
Kleegras	Mulchen	49,7 a A *c*	46,6 a B *b*	4,72 a A *b*	4,38 a B *b*
	Abfuhr	43,8 b NS *B*	41,4 b *B*	4,08 b A *B*	3,83 b B *B*

Mittel aller Umwelten; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), kleine bzgl. Nutzung, große bzgl. Saatzeit, klein-kursive bzgl. Arten bei Mulchen, groß-kursive bzgl. Arten bei Abfuhr; NS = nicht signifikant

Tab. 2: Marktwaren- und RP-Ertrag (dt ha^{-1}) der Nachfrucht Weizen nach Futterleguminose in Blanksaat im Frühjahr (links) und bei Kleegras (rechts)

	Marktwaren-ertrag	**RP-Ertrag**		**Marktwaren-ertrag**	**RP-Ertrag**
Mulchen	44,7 a	4,09 a	Mulchen	47,7 a	4,47 a
Abfuhr	39,1 b	3,55 b	Abfuhr	41,9 b	3,86 b
Kleegras	43,5 A	3,98 A	Untersaat	46,8 NS	4,40 A
Persischer Klee	42,2 AB	3,83 AB	Stoppelsaat	44,0	4,10 B
Alexandrinerklee	41,5 AB	3,79 AB	Saat Frühjahr	43,5	3,98 B
BSV-Mischung	40,4 B	3,67 B			

Mittel aller Umwelten; verschiedene kleine und große Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede bzgl. Nutzung und Futterleguminosenart bzw. Saatzeit (SNK-Test, $p < 0,05$), NS = nicht signifikant

Literatur

Loges R. 1998: Ertrag, Futterqualität, N2-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleegrasbeständen. Dissertation Universität Kiel.

Urbatzka P., Cais K., Salzeder G., Wiesinger K. (2011): Wirkung verschiedener Leguminosen als Untersaat m Vergleich zur Stoppelsaat auf Ertrag und Qualität der Deckfrucht Winterroggen und der Folgefrucht Hafer. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, URL: http://orgprints.org/17507

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 33–34 (2015)

Entwicklung und Erprobung eines neuartigen, aus dem ökologischen Landbau stammenden stickstoffreichen Düngemittels für den ökologischen Gemüsebau

Simon Scheffler, Knut Schmidtke

Hochschule für Technik und Wirtschaft, Fakultät Landbau/Landespflege, Fachgebiet Ökologischer Landbau, Dresden; E-Mail: *scheffler@htw-dresden.de*

Einleitung

Im ökologischen Gemüsebau steht der pflanzenbauliche Wert von Futterleguminosen in der Fruchtfolge außer Frage, gleichzeitig gibt es Schwierigkeiten, die im Schnittgut enthaltenen Nährstoffe effizient im Betrieb zu verwerten. Dieser Sachlage steht eine Lücke an verfügbaren, aus dem ökologischen Landbau stammenden schnell wirkenden Düngemitteln gegenüber. Hier setzen die Untersuchungen an, die zum Ziel haben Schnittgut von Futterleguminosen mit einem C zu N Verhältnis von < 10 zu gewinnen.

Material und Methoden

Nach Vorversuchen am Standort Pillnitz im Jahr 2013 wurden die drei hinsichtlich TM und Stickstoff ertragreichsten Futterleguminosenarten (Rotklee- ‚Perseo‘, Schwedenklee-’Frida‘, Weißklee- ‚Klondike‘) ausgewählt und in einem Parzellenversuch (90m² je Parzelle) am 12.08.2013 ausgesät. Zur Saat wurden Kaliumsulfat; Phosphor und Mikronährstoffe (*Excello*) entsprechend des zu erwartenden Entzugs gedüngt. Im Herbst 2013 erfolgten zwei Schröpfschnitte mit einem Schlegelmulcher. Am 14.03.2014 wurde nach Entfernung des Ausfallgetreides der Vorkultur auf den Parzellen mit 50 % der Reinsaatstärke nachgesät. Die Ernte erfolgte mit einem handgeführten Grünguternter der Firma Haldrup im Zeitraum vom 10.04. bis 03.11.2014; in der Hauptwachstumsphase vom 30.04. bis 08.08.2014 in einem Rhythmus von 14 Tagen bei einer Schnitthöhe von 13cm. Das Schnittgut der Futterleguminosen wurde auf einer Betonplatte in der Sonne getrocknet und anschließend mit einer Retsch Schneidmühle SM 100 auf 2 mm vermahlen. Die Analyse auf C und N erfolgte per Elementaranalysator (Eurovektor *EA 3000*).

Ergebnisse und Diskussion

Auf Grund der warmen Frühjahrswitterung konnte bereits am 10.April 2014 der erste Schnitt erfolgen. Trotz des kurzen Schnittintervalls von 14 Tagen zwischen April und August konnten im Jahr 2014 insgesamt elf Schnitte mit Schnittguterträgen in Höhe von 110dt TM/ha (Rotklee), 93dt TM/ha (Weißklee) und 77dt TM/ha (Schwedenklee) erzielt werden (vgl. Abb. 1). Unter diesem Schnittregime konnte das angestrebte gewichtete mittlere C/N Verhältnis von < 10 im Erntegut bei Weißklee mit durchschnittlich 9,8 erreicht werden, hingegen nicht bei Schwedenklee (10,2) und Rotklee (10,4). Hier lag jahreszeitlich bedingt das C/N-Verhältnis im Schnittgut zwischen 9,5 und 11,3 (Schwedenklee)und 9,4 und 11,9 (Rotklee) (vgl. Abb. 2). Das gewonnene Futterleguminosenschnittgut konnte bereits erfolgreich als Düngemittel in Versuchen mit Spinat eingesetzt werden und erzielte im Vergleich zum Einsatz von Hornmehl gleichwertige Erträge. Die ermittelten Ausnutzungsraten des gedüngten Stickstoffs erreichten in Spinat bis zu 41% und mit der Folgefrucht Rukola bis zu 55 %.

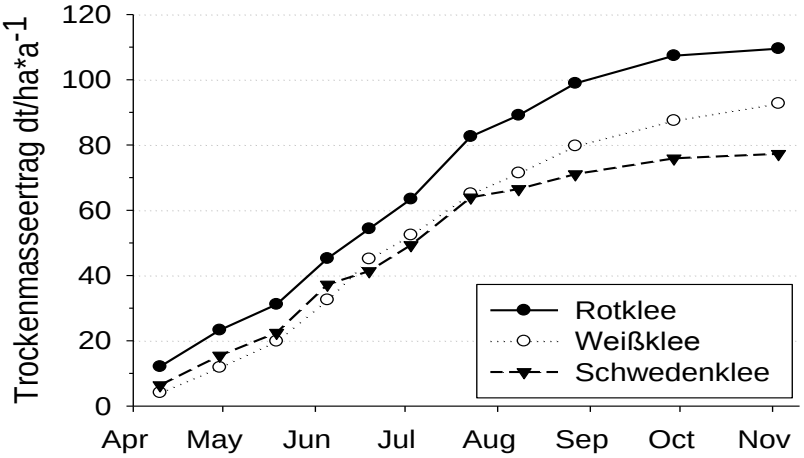


Abb. 1: Kumulierter Schnittgutertrag der Futterleguminosen bei insgesamt 11 Schnitten im Jahr 2014

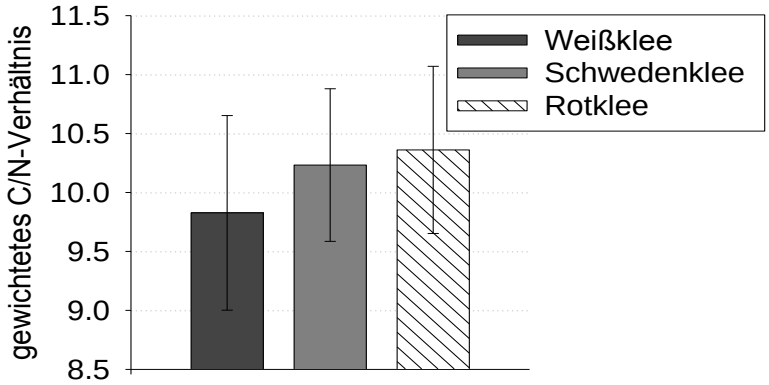


Abb.2: Gewichtete C/N Verhältnisse im Schnittgut 2014

Trotz des häufigen Schnittes konnten Trockenmasseerträge erzielt werden, die denen bei 3 bis 5 Schnitten entsprechen (KAHNT 2008, FREYER et.al. 2005). Voraussetzung dafür könnte der vergleichsweise hohe Schnitt (13 cm) gewesen sein und die im April und Juni verabreichte Zusatzbewässerung in Höhe von 20 l/m².
Stickstoffausnutzungsraten von vegetabilen Düngemitteln korrelieren sehr stark mit deren C/N-Verhältnis. Die ermittelten ca. 40 % in Spinat decken sich mit Ergebnissen von Mineralisationsversuchen von LABER (2014), in denen die Netto-N-Mineralisationsrate in einem Bebrütungsversuch von Luzerneschnittgut mit einem C/N Verhältnis von 10 nach 50 Tagen bei ca. 30 % und nach 100 Tagen bei ca. 40 % lag. Die Ergebnisse zeigen, dass es pflanzenbaulich möglich ist, aus Futterleguminosen ein hochwirksames Düngemittel für den ökologischen Gemüsebau zu entwickeln.

Literatur

KAHNT, G. (2008): Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau,DLG-Verlag, Frankfurta.M.

FREYER, B.;PIETSCH,G.; HRBEK, R.; S.,WINTER (2005);Futter und Körnerleguminosen im biologischen Landbau; Österreichischer Agrarverlag, Lepoldsdorf

LABER, H. (2014): N-Mineralisation beim Brutversuch korreliert eng mit dem C/N-Verhältnis, In: Versuche im deutschen Gartenbau 2014- Gemüsebau, orgprints.org, hortigate.de/bericht?nr=63002

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 35–36 (2015)

Systemleistungen feinsamiger Leguminosen unter Berücksichtigung ihres Futterwertes für Monogastrier

Hendrik Sommer, Albert Sundrum

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

Einleitung

Die Bereitstellung von heimischen Eiweißressourcen zur Fütterung von Nutztieren wird immer bedeutsamer. Diese Ressourcen müssen über zwei wichtige Eigenschaften verfügen: Zum einen müssen sie über hohe Gehalte an essentiellen Aminosäuren verfügen, die gleichzeitig eine hohe Verdaulichkeit aufzeigen. Zum anderen müssen diese Quellen regional beherrschbar anzubauen sein. Dass bedeutet, dass ein ökonomisch vertretbarer Ertrag insbesondere in Hinblick auf die essentiellen Aminosäuren bei hoher Verdaulichkeit der organischen Masse erzielbar sein muss. Im Rahmen des Forschungsprojektes 11OE055 wird untersucht, welchen Beitrag feinsamige Leguminosen bei der Ernährung von Monogastrierern leisten können. Die wesentliche Frage ist es, in welchem Maße eine Aufkonzentrierung des Gehaltes an verdaulichem Rohprotein durch Trennung von Blatt und Stengel in der Blattmasse von Luzerne (*Med. sativa*), Weißklee (*Trif. repens*), Rotklee (*Trif. pratense*), Inkarnatklee (*Trif. incarnatum*) und Perserklee (*Trif. resupinatum*) erzielt werden kann. Weiterhin ist zu klären, ob die Ertragsleistung der Blattmasse ausreicht, um hier ein wettbewerbsfähiges Produkt herstellen zu können.

Material und Methoden

Es wurden Bestände (5 Arten) 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 2014). Die Rohprotein- und Aminosäurebestimmung erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS). Die Verdaulichkeiten der Blattmasse werden mit dem *In vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997), modifiziert nach SAPPOK ET AL. (2009) bestimmt. Die Verdaulichkeiten der essentiellen Aminosäuren wurden durch Differenzbestimmung in Verbindung mit der verdaulichen Organischen Masse berechnet. Die Ergebnisse wurden mit den Ertragsdaten verrechnet, um den Ertrag an verdaulichem Rohprotein zu ermitteln.

Ergebnisse und Diskussion

Die niedrigsten kumulierten Trockenmasseerträge waren bei Inkarnat- und Perserklee zu verzeichnen. Hier lag der mittlere Trockenmasseertrag bei 35 dt ha^{-1} bzw. 42 dt ha^{-1}, und ist damit durchaus konkurrenzfähig zur Ackerbohne. Der mittlere Trockenmasseertrag von Weißklee betrug 48 dt ha^{-1}, Die höchsten Erträge lieferten Luzerne und Rotklee mit ca. 60 dt ha^{-1}. Durch die Verteilung des Ertrages auf mehrere Schnitte wird zudem das Ertragsrisiko deutlich verringert. Ein ertragsmäßig schlechter Schnitt kann durch die beiden anderen Schnitte ausgeglichen werden. Auf diese Weise ist die Ertragssicherheit der Blattmassen der von Körnerleguminosen deutlich überlegen. Der Anteil der Blattmasse an der Ganzpflanze ist abhängig von

der Art sowie der Schnittnummer. Bei Inkarnat- und Perserklee konnte eine tendenzielle Abnahme der Blattmassenanteile vom 1. bis zum 3. Schnitt festgestellt werden. Bei Luzerne und Weißklee stieg der Blattmassenanteil vom ersten zum zweiten Schnitt an, ein dritter Schnitt viel aus. Bei Rotklee war der Blattmassenanteil im zweiten Schnitt höher als im ersten und dritten Schnitt. Allerdings waren hier die einzigen Ausreißer zu beobachten. Insgesamt liegt der Anteil der Blattmasse an der Ganzpflanze zwischen 45 und 55 %. Auf der Ebene des Ertrages an verdaulichem Rohprotein sind die Blattmassen von Luzerne, Rotklee und Weißklee Konkurrenzfähig zur Ackerbohne, die zurzeit eine wesentliche Rolle bei der Eiweißversorgung ökologisch gehaltener Monogastrier spielt. Tabelle 1 gibt Aufschluss über die Höhe der Erträge verdaulichen Rohproteins sowie der Verteilung über die drei Schnitte.

Tabelle 1: Ertragsleistung der Blattmassen der untersuchten Leguminosen für den Parameter verdauliches Rohprotein im Vergleich zur Ackerbohne.

Schnitt	Inkarnatklee Ø kg ha^{-1}	Luzerne Ø kg ha^{-1}	Perserklee Ø kg ha^{-1}	Rotklee Ø kg ha^{-1}	Weißklee Ø kg ha^{-1}	Ackerbohne Ø kg ha^{-1}
1	183	276	264	282	274	
2	156	245	151	269	249	
3	126	292	116	242	287	
∑	**467**	**814**	**532**	**794**	**812**	**728**

Aus den Ergebnissen der Untersuchung der Ertragsleistung der Blattmasse feinsamiger Leguminosen in Verbindung mit dem Futterwert und den gehalten an verdaulichem Rohprotein sowie an essentiellen Aminosäuren lässt sich schließen, dass ihre Herstellung und Verwendung zumindest in der ökologischen Landwirtschaft sinnvoll erscheint. Durch die Nutzung dieser Ressource eröffnet sich die Möglichkeit, die Fruchtfolge um bislang wenig bis gar nicht nutzbare Felder zu ergänzen und damit zu optimieren. Dadurch wird das ackerbauliche System besser mit organischer Substanz versorgt und die Bodenfruchtbarkeit steigt an. Gleichzeitig kann die betriebseigene Futterration in Hinblick auf die Versorgung mit essentiellen Aminosäuren stark verbessert werden.

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.

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. and A. SUNDRUM (2014): Amino acids in the leaf mass of alfalfa and various clover species. In: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (ed.): Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 23, 134.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 37–38 (2015)

Nährstoffkreisläufe und Produktivität in Sukzessions-Agroforestry-Systemen in Tomé-Açu, Pará, Brasilien

Sonoko D. Bellingrath-Kimura[1], Yuji Kobata[2], Masaaki Yamada[2], Iraê Amaral Guerrini[3], Helio Makoto Umemura[2] und Dinaldo Antonio dos Santos[4]

[1]Institut für Landnutzungssysteme, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg
[2]Dept. of International Environmental and Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu
[3]Faculty of Agricultural Science Sao Paulo State University, Botucatu
[4]Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-açu, Tomé-Açu

Einleitung

Das Agroforestry System in Tomé-Açu, Brasilien (SAFTA) imitiert die natürliche Sukzession in der landwirtschaftlichen Produktion. Dadurch können die Landwirte auf sehr nährstoffarmen Acisols für längere Zeiten ihre Felder nutzen (Yamada und Gholz, 2002). SAFTA wurde durch langjährige Erfahrung der Landwirte entwickelt. Doch eine quantitative Analyse der Nährstoffkreisläufe und Produktivität der SAFTA liegt nicht vor, was die Generalisierung des Systems und Anwendung in anderen Regionen limitiert. Das Ziel dieser Arbeit war, die Nährstoffkreisläufe und Produktivität in unterschiedlichem Sukzessions-Stadium zu erfassen und die Vorteile der SAFTA zu analysieren.

Material und Methoden

Im Rahmen von SAFTA wurden aus einem Betrieb drei Stadien des Kakaoanbaus ausgewählt: Bepflanzung 2008 (6 Jahre alt: 6JA), 2002 (12JA) und 1980 (34JA). Als Referenz wurde ein 50 Jahre alter sekundärer Wald untersucht, der an die Flächen angrenzt. Die Versuchsperiode umfasst den Zeitraum von September 2012 bis Juni 2014.

Je Stadium wurden die Bepflanzungsdichte und Pflanzenart untersucht. Die jährlichen Erträge wurden von 10 Pflanzen je Stadium erfasst. Der jährliche Düngerzusatz wurde den Angaben des Landwirts entnommen. Pflanzenrückstände und Streufall wurden mit einem 1 m^2 Netz mit 3 Wiederholungen je Stadium gesammelt und auf dessen Trockenmasse sowie Nährstoffkonzentration untersucht. Die Bodenrespiration wurde mit geschlossenen Kammern mit einem Kohlendioxid Sensor (testo 535) monatlich untersucht. Dabei wurden 3 der untersuchten Kammern mit und 3 ohne neuen Streufall je Stadium beprobt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Düngereinsatz nahm mit fortgeschrittenem Sukzessionsstadium ab. Die Stickstoffzufuhr betrug z.B. 40, 20 und 0 kg N ha^{-1} $Jahr^{-1}$ für jeweils 6JA, 12JA und 34JA. Der 6JA hatte eine Mischbepflanzung von Kakao, Pfeffer und Bananen, die 12JA und 34JA hatten eine Mischung von Kakao mit Acai-Palmen und Mahagoni. In dieser Region wird der Kakao zweimal jährlich im Juni/Juli und im Februar geerntet, Acai wird von Oktober bis Februar geerntet. Die Banane wurde nicht geerntet und anfangs als Schatten für die Kakaobäume genutzt, die Blätter sowie Stämme wurden dann als Mulch verwendet.

Der Kakaoertrag war mit 5.6±1.0 kg DW Baum^{-1} in 6JA signifikant am höchsten. In 12JA und 34JA lag der Kakaoertrag bei je 4.5±0.6 und 4.4±1.0 kg DW Baum^{-1}. Die Pflanzendichte lag in 12JA und 34JA mit 1111 Bäumen pro ha höher als in 6JA mit nur 625 Bäumen pro ha. Somit war der Ertrag pro Hektar in 12JA am höchsten mit 6.3 Mg DW ha^{-1}, gefolgt von 34JA mit 4.9 Mg DW ha^{-1} und in 6JA mit 2.8 Mg DW ha^{-1}. Der 6JA warf noch zusätzliche Erträge von Pfeffer ab mit je 2.3±0.5 Mg DW ha^{-1}. In 12JA und 34JA brachten weitere Erträge von Acai-Palmen mit je 6.5±2.7 und 4.0±2.0 kg DW Baum^{-1}, was auf der Fläche je 1.8 und 1.1 Mg DW ha^{-1} ausmachte.

Der Streufall stieg zu Beginn der Trockenheit in Juni an. Jährlich wurde 4.6±1.2 Mg C ha^{-1} Jahr^{-1} in 6JA, 5.6±0.7 Mg C ha^{-1} Jahr^{-1} in 12JA, bis zu 7.1±0.8 Mg C ha^{-1} Jahr^{-1} in 34JA dem Boden als Streufall zugeführt. Die Streumenge war in 12JA signifikant größer als in 6JA. Der Sekundärwald produzierte eine Streumenge von 8.2±1.5 Mg C ha^{-1} Jahr^{-1}. Die Bodenrespiration stieg mit den Sukzessionsjahren an. Die SAFTA Stadien tendierten zu einer höheren Respirationsrate von Oktober bis Januar, was aber in dem Sekundärwald nicht deutlich zu erkennen war. Die Respiration mit neuem Streufall zeigte bei dem Sekundärwald einen Mittelwert von 179±28 mg CO_2-C m^{-2} Stunde^{-1}, bei den SAFTA 6JA, 12JA und 34JA je 77±24, 104±17 und 113±23 mg CO_2-C m^{-2} Stunde^{-1}. 6JA war signifikant kleiner als 12JA und 34JA, wobei sich 12JA und 34JA nicht signifikant unterschieden. Ein signifikanter Unterschied war auch zwischen Sekundärwald und den SAFTA Stadien zu erkennen.

Durch das Fortschreiten der Sukzession wurde ein höherer Nähstoffkreislauf im System etabliert, was an der erhöhten Streumenge und der Bodenrespiration zu sehen war. Die Produktion des Systems wurde höher, obwohl geringerer Input von außen als Dünger zugeführt wurde. Die schnelle Zersetzung des Streufalls ermöglichte eine effiziente Nährstoffaufnahme innerhalb des Systems (Fontes et al. 2012), sodass es mit wenig Zugeführten Nährstoffen einen hohen Ertrag produzieren konnte. Der Gesamtertrag stieg von 6JA zur 12JA; der Ertrag in 34 JA war aber geringer als in 12JA. Kakaobäume haben den höchsten Ertrag wenn sie 12-15 Jahre alt sind. Durch den zusätzlichen Ertrag von Acai-Palmen ist das System aber noch profitabel, so dass eine Erneuerung des Systems noch nicht notwendig ist. Der geringere Ertrag in 6JA verglichen mit 12JA wurde durch den höheren Preis für Pfeffer kompensiert, was der Grund für die niedrigere Pflanzendichte in 6JA mit 625 Bäume pro ha war. Wenn der 6JA jedoch älter wird, könnte die Leistung sinken, da keine Mischung mit Acai-Palmen besteht, was den geringeren Ertrag von Kakao nach 15 Jahren ausgleicht.

Literatur

Yamada M. and Gholz H. L. (2002) Growth and yield of some indigenous trees in an Amazonian agroforestry system: a rural-history-based analysis. Agroforestry systems 55: 17-26.

Fontes A.G., Gama-Rodrigues A.C., Gama-Rodrigues E.F., Sales M.V.S., Costa M.G. and Machado R.C.R. (2014) Nutrient stocks in litterfall and litter in cocoa agroforests in Brazil. Plant Soil 383:313–335

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 39–40 (2015)

Ergebnisse des ProLoc Verbundvorhabens Projektphase II - Implementierung eines Wachstumssimulators basierend auf der Modellierung der Klon-Standort-Wechselwirkung bei Pappel und Weide im Kurzumtrieb

Christoph Stiehm[1], Martin Hofman[1], Alwin Janßen[1], Winfried Kurth[2] und Jürgen Nagel[3]

[1]Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung C - Waldgenressourcen, Hann. Münden;
[2]Georg-August-Universität, Abteilung Ökoinformatik, Biometrie und Waldwachstum, Göttingen;
[3]Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung A - Waldwachstum.
E-Mail: *christoph.stiehm@nw-fva.de*

Einleitung

Die Standortwahl stellt bei Begründung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) eine die Ertragsleistung und -stabilität maßgeblich beeinflussende Entscheidung dar. Durch Züchtung und langjährige Versuche stehen leistungsfähige Sorten für den KUP-Anbau zur Verfügung (BOELCKE 2007). Die Identifikation von ertragsbeeinflussenden Standorteigenschaften sowie einer möglichen Interaktion zwischen Sorte und Standort ist bisher auf die spezifischen Rahmenbedingungen einzelner, lokaler Versuche begrenzt. Das Verbundprojekt „ProLoc Phase II - Erfassung von Klon-Standort-Wechselwirkungen bei Pappel und Weide auf landwirtschaftlichen Standorten in kurzen Umtriebszeiten“ (gefördert vom BMEL durch die FNR) hat zum Ziel die genannte Wechselwirkung in KUP für verschiedene Umtriebszeiten auf einer supraregionalen Ebene zu analysieren und zu modellieren. Dafür wurden bundesweit 42 Versuchsflächen in 3 Arbeitspaketen angelegt, die sich nach Umtriebszeit sowie Pflanzverbänden gliedern. Das auf dieser Datengrundlage basierende Modell findet Eingang in einen Wachstumssimulator, der in Anlehnung an die Softwarebibliothek TreeGross und den darauf aufbauenden ForestSimulator (HANSEN & NAGEL 2014) implementiert wird. Die Software soll Ertragsprognosen bei gegebenen Standortbedingungen ermöglichen.

Material und Methoden

Die im Vortrag betrachteten Versuchsflächen entstammen dem Arbeitspaket 1, von denen derzeit 27 fortlaufend betreut werden. Die 2008 angelegten Versuche werden in dreijähriger Rotation beerntet, die Pflanzdichte ist mit 11.111 N ha^{-1} festgesetzt. Die Prüfglieder beinhalten 3 Pappel- und 2 Weidenklone (Max1, Hybride 275, AF2, Inger, Tordis), welche aufgrund ihrer erwarteten differenzierten Ertragsleistung in Wechselwirkung mit dem Standort ausgewählt wurden.

Je Standort gestaltet sich die Versuchsanlage in randomisierten vollständigen Blöcken (4 Blöcke je Standort). Jährlich werden nach einheitlichem Messdesign und nach einem festen Raster innerhalb der Plots Zuwachsparameter (BHD, Achsenlänge), Überlebensrate, Vitalitätsparameter (Rostbefall, Insektenfraß), Beikrautaufkommen sowie nur zur Ernte Frischmasse und Trockensubstanzgehalt ermittelt. Im Rahmen der Standortkartierung wurden in Anlehnung an die Vorgaben der BK5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) bodenphysikalische und –chemische Parameter in den Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm erhoben. Darüber hinaus werden Parameter aus der landwirtschaftlichen Bodenschätzung und Klimavariablen unterschiedlicher Auflösung auf ihre Eignung als Prädiktorvariablen für Zuwachs und

Ertrag geprüft. Die Auswertung erfolgt zentral mit der Statistik Softwareumgebung R (R CORE TEAM 2015).

Ergebnisse und Diskussion

Zur Identifizierung einer möglichen Klon-Standort-Wechselwirkung und zur Abgrenzung von Standortgruppen, die ein ähnliches Ertragsniveau hervorbringen, wird ein gemischtes Modell implementiert, um dem Blockdesign der Einzelversuche sowie dem Aufbau der Versuchsserie und den wiederholten Messungen Rechnung zu tragen (PIEPHO ET AL. 2003). Eine Gruppierung nach Hauptbodenarten für die Analyse wie bei GALLARDO (2014) ist nicht vorgesehen, die Gruppierung nach Bodentypen lieferte plausible Ergebnisse, die für Parabraunerde Böden im Projekt die höchsten Erträge zur Ernte im zweiten Umtrieb anzeigten.
Für die Aufstellung von Bestandeshöhenkurven wurden analog zu HANSEN & NAGEL (2014) die Funktionen nach SCHMIDT (1967) auf ihre Eignung hin überprüft den Zusammenhang zwischen Durchmesser und Länge geeignet zu approximieren. Im Mittel hat dabei die Parametrisierung der Funktion von PRODAN über alle Prüfglieder die beste Anpassungsgüte aufgewiesen. Zur Aufstellung von Biomassefunktionen für spätere Umtriebszeiten hat sich die aufsummierte Triebgrundfläche je Baum als geeigneter Regressor erwiesen. Die Eignung verschiedener Funktionstypen zur Bildung von Alterskurven für Bestandesparameter wird derzeit noch geprüft. Die in der Waldwachstumssimulation bereits bewährte CHAPMAN-RICHARDS-Funktion (PRETZSCH 2001) erweist sich für Bedingungen in KUP ebenfalls als günstig. Mit den Alterskurven sollen basierend auf den verschiedenen Ertragsparametern Bestandesbonitäten entwickelt werden, die zur Einschätzung der Standortgüte und zur Bestandesbewertung verwendet werden können. Über diesen Ansatzpunkt sollten Erweiterungen des ProLoc Datensatzes um weitere Versuchs- und Praxisflächen mit abweichenden Umtriebszeiten und Sortenzusammensetzungen ermöglicht werden. Weitere zu verfolgende einzelbaumbasierte Modellierungsansätze zielen besonders auf die Ertragsdynamik bei Wiederaustrieb nach Rückschnitt ab, sowie Differenzierung innerhalb der Bestände. Erste Auswertungen zu Konkurrenzparametern zeigten hier eine enge Korrelation mit den Zuwächsen auf und könnten für die Optimierung von Pflanzabständen von Nutzen sein.

Literatur

Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden (eds) (2005) Bodenkundliche Kartieranleitung: mit 103 Tabellen und 31 Listen, 5. verb. und erw. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart

Amthauer Gallardo D (2014) Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel- und Weidenklonen in Kurzumtriebsplantagen. Technische Universität Dresden

Boelcke B (2007) Zur Sortenfrage im Anbauverfahren schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb unter besonderer Beachtung der Pappeln.

Hansen J, Nagel J (2014) Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS - Anwendung und theoretische Grundlagen. Univ.-Verl. Göttingen

Piepho HP, Buchse A, Emrich K (2003) A Hitchhiker's Guide to Mixed Models for Randomized Experiments. Journal of Agronomy and Crop Science 189:310–322.

Pretzsch H (2001) Modellierung des Waldwachstums: mit 10 Tabellen. Parey, Berlin

R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien

Schmidt A (1967) Der rechnerische Ausgleich von Bestandeshöhenkurven. Forstwissenschaftliches Centralblatt 86:370–382.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 41–42 (2015)

Wassernutzungseffizienz von Gehölzpflanzen im Kurzumtrieb auf Ackerstandorten in Brandenburg

Markus Schmidt und Dieter Murach

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Wald und Umwelt, Projektgruppe Agrarholz, 16225 Eberswalde. E-Mail: *Markus.Schmidt@hnee.de*

Einleitung

Gehölzpflanzungen aus schnellwachsenden, stockausschlagfähigen Bäumen können vielfältige Ökosystemdienstleistungen auf landwirtschaftlichen Flächen erbringen. Die Produktion nachwachsender Rohstoffe für die energetische oder stoffliche Nutzung kann so neben dem Biomasseertrag beispielsweise Beiträge zum Schutz vor Erosion durch Wind und Wasser und zur Erhöhung der Biodiversität leisten, insbesondere in ausgeräumten, strukturarmen Landschaften. Gleichzeitig wird durch die Wasserentnahme der Bäume der Gebietswasserhaushalt verändert; dem Biomasseertrag steht die Wassernutzung durch die Bäume gegenüber, ausgedrückt in der Wassernutzungseffizienz. Ziel dieser Arbeit ist die Quantifizierung der Wassernutzungseffizienz von Pappeln und Weiden an Standorten in Brandenburg mit Gradienten in der Bodenwasserversorgung.

Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurden drei Kurzumtriebsplantagen (KUP) im Landkreis Uckermark, NO-Brandenburg, ausgewählt. Die erste KUP bei Wartin (53,232 N, 14,162 O) am Rande eines Sölles auf sandigem Lehm zeichnet sich durch einen deutlichen Höhengradienten (ca. 10 m entlang eines 60 m langen Hangtransektes) und einen zeitweise überstauten Hangfuß aus. Der Höhengradient der zweiten KUP bei Stendell (53,154 N, 14,180 O) am Rand des Welse-Bruches auf humosem Sand beträgt etwa 2,5 m entlang eines 130 m langen Transektes, quer zur nahegelegen Welse. Die dritte KUP nahe Kummerow (53,137 N, 14,223 O) auf Sand befindet sich nahe eines regulierten Entwässerungsgrabens (kein Höhen- oder Grundwassergradient). Die Stecklingsdichte bei Pflanzung betrug auf allen Flächen ca. 15.–17.000 Stück/ha, das Trieb-/Wurzelalter im Jahr der Untersuchung in Wartin 5/5 Jahre, in Stendell 2/5 Jahre bzw. 3/6 Jahre und in Kummerow 3/6 Jahre. Untersucht wurden Pflanzen der Pappel-Sorte ‘Max1’ (*Populus nigra* x *P. Maximowiczii*) und der Weiden-Sorte ‘Inger’ (*Salix triandra* x *S. viminalis*; nur Stendell und Kummerow) entlang der Gradienten des Bodenwassergehaltes bzw. des Grundwasserflurabstandes (GWA). Pegelstände und volumetrischer Bodenwassergehalt (in 6 Tiefen von 10 bis 100 cm) wurden regelmäßig gemessen. Der minimale GWA variierte in Stendell von < 0.1 m bis > 1.8 m entlang des Transektes, in Kummerow betrug GWA minimal ca. 80 cm und in Wartin minimal 0.2 m über Gelände bis > 1.8 m Tiefe.
Die Transpiration der Bäume wurde direkt als Xylemsaftfluss nach der Methode von Granier (1985; Sensoren Eigenbau) und an kleineren Bäumen mittels Wärmebilanz-Methode (*EXO-Skin*-Sensoren, Dynamax Inc., USA) gemessen. Der oberirdische holzige Biomassezuwachs für das Untersuchungsjahr wurde durch Ernte und Bestimmung des Durchmesser- und Höhenzuwachses oder mittels sortenspezifischer Biomassefunktionen bestimmt. Die produktivitätsbezogene Wassernutzungseffizienz WUE_p wurde als Quotient aus produzierter oberirdischer holziger Biomasse und saisonaler Transpirationssumme eines Baumes berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die maximale Transpirationsrate lag für Weidenruten der Sorte Inger zwischen 0,6 und 3,8 kg d^{-1} für Triebe mit 1,6–4,5 cm Durchmesser (D_{100} in 100 cm Höhe), die Summe für die Vegetationsperiode zwischen 45 und 360 kg. Für dreijährige Pappeln der Sorte Max lagen die maximalen Tagesraten bei 1,7–10,3 kg d^{-1} (D_{100} 3,3–6,7 cm) und die saisonalen Summen bei 130–890 kg, für fünfjähre Pappeln bei 1,8–21 kg d^{-1} bzw. 130–1870 kg $Saison^{-1}$ (D_{100} 4,2–9,1 cm). Die produktivitäts- und einzelbaum-bezogene Wassernutzungseffizienz zeigte mit 1,1–9,0 g kg^{-1} für Weide und 1,1–9,6 g kg^{-1} für Pappel eine weite Amplitude, bei einer Messunsicherheit aus der Bestimmung von Transpiration und Biomasse von etwa 20 % WUE_p. Andere Studien für Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb, die meist WUE_p für ganze Bestände betrachten, berichten vergleichbare Werte: 2,5 bis 8,5 g kg^{-1} für Weiden und 0,6 bis 9,5 g kg^{-1} für Pappeln (Bungard & Hüttl 2004, Linderson et al. 2007, Tallis et al. 2013 u.a.). In der vorliegenden Arbeit wurde WUE_p für Weiden mit schlechterer Wasserversorgung von durchschnittlich 2,2 (± 0,7) –7,5 (± 2,2) g kg^{-1} ermittelt, für besser wasserversorgte Weiden von 2,9 (± 0,7) –7,6 (± 3,2) g kg^{-1}. Für Pappeln an trockeneren Wuchsorten wurden Werte von durchschnittlich 4,6 (± 1,5) –6,1 (± 0,6) g kg^{-1} errechnet, für solche an feuchteren Wuchsorten 3,7 (± 1,3) –8,6 (± 2,0) g kg^{-1}. Die weiten und ähnlichen Wertebereiche besser und schlechter wasserversorgter Bäume sowie die hohen Standardabweichungen deuten auf das komplexe Zusammenwirken von Transpiration bzw. stomatärer Leitfähigkeit und Photosynthese bzw. Biomasseaufbau bei der Konkurrenz um Licht und Wasser (und Nährstoffe) und auf den großen Einfluss der Bestandesstruktur. Die Bestandesstruktur spiegelt dabei die aktuellen Konkurrenzverhältnisse bei der (ober- und unterirdischen) Resourceneroberung wider und beeinflusst die Funktion einer KUP entscheidend. So war WUE_p beispielsweise an trockenen, dicht bestandenen Wuchsorten meist höher als an trockenen, lichteren Wuchsorten. Durch die Bewirtschaftung einer KUP (Pflanzdichte, Erntehäufigkeit, Nährstoffversorgung) kann die Bestandesstruktur und damit auch die Wassernutzungseffizienz beeinflusst werden.

Literatur

Bungart R., Hüttl R.F. (2004) Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. Eur. J. For. Res. 123, 105-115.

Granier A. (1985) Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Ann. For. Sci. 42, 193-200.

Linderson M.-J., Iritz Z., Lindroth A. (2007) The effect of water availability on stand-level productivity, transpiration, water use efficiency and radiation use efficiency of field-grown willow clones. Biomass Bioenergy 31, 460-468.

Tallis M. J., Casella E., Henshall P.A., Aylott M.J., Randle T.J., Morison J.I.L., Taylor G. (2013) Development and evaluation of ForestGrowth-SRC a process-based model for short rotation coppice yield and spatial supply reveals poplar uses water more efficiently than willow. Global Change Biol. Bioenergy 5: 53–66.

Gefördert durch die EU und das Land Brandenburg (EFRE) sowie das BMEL über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Förderkennzeichen 22014812).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 43–44 (2015)

Kurzumtriebsplantagen auf Grenzertragsstandorten: Erträge, Nährstoffhaushalt, Potenziale und Einschränkungen

Nora Koim, Dieter Murach

Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde. E-Mail: *nora.koim@hnee.de*

Einleitung

Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojekts ELaN wurde der Anbau von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb (KUP) auf Grenzertragsstandorten untersucht, die sich entweder aufgrund von Schadstoff- und Keimbelastung (ehemalige Rieselfelder) oder Wasserüberschuss (Niedermoor-Randgebiete, vernässungsgefährdete Grünland- und Ackerstandorte) nicht für die Nahrungsmittelproduktion bzw. den Anbau annueller Kulturen eignen. Auf diesen Standorten können KUP einerseits durch Produktion von holziger Biomasse zur Inwertsetzung der Flächen beitragen. Andererseits könnten sie eine Funktion in alternativen Landschaftsnutzungssystemen einnehmen, wenn sie z.B. als Pflanzung am Rand von Niedermooren eine verringerte Drainage erlauben, was Mineralisierung und Torfabbau verringert, dem Landwirte aber dennoch Erträge liefert. Ziel des Teilprojektes 7 in ELaN war es, Anbauverfahren, Ertragspotenziale und Einschränkungen im Anbau von KUP auf diesen Standorten mit ihren besonderen Herausforderungen zu untersuchen.

Material und Methoden

Es wurden Versuchsflächen mit der Weidensorte Tordis ((*Salix viminalis* x *S. Schwerinii*) x *S. viminalis*) und der Pappelsorte Max 1 (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) auf vernässtem Grünland und Niedermoor-Randgebieten (Landkreise Barnim und Uckermark) sowie auf ehemaligen Rieselfeldern (Landkreis Havelland) etabliert. Im Rahmen jährlicher Bonituren wurden Zuwächse und Ausfälle ermittelt und die Daten anschließend auf die innerhalb des Forschungsprojekts BIODEM entwickelten Ertragsfunktionen angewendet. Zur Bestimmung des Elementhaushalts wurden nach der dritten (ehemalige Rieselfelder) bzw. vierten (Grünland/Niedermoor-Randgebiete) Vegetationsperiode entlaubte Triebe unterschiedlichen Durchmessers gehäckselt und als Mischprobe im Labor analysiert (N-Gehalte mit Verbrennung nach Dumas, alle weiteren Elementgehalte durch Druckaufschluss mit HNO_3 und ICP-AES).

Ergebnisse und Diskussion

Erste Berechnungen zeigen für Weide ein Wuchspotenzial auf vernässtem Grünland zwischen 3,0 und 6,3 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} (1. Rotation, 4 Wuchsjahre), während sich bei Pappel bei dauerhaft geringen Grundwasserflurabständen (überwiegend <20 cm) mit zunehmendem Alter deutliche Wachstumseinbußen und ein Anstieg der Ausfälle abbildeten (vgl. Koim & Murach 2015). Auch auf Niedermoor-Randgebieten erwies sich Weide als besser geeignet als Pappel, wobei die Erträge zwischen einzelnen Flächen schwankten. Das Potenzial für einen extensiven Anbau von Weide, ggf. mit längeren Rotationszeiten, ist auf diesen Standorten jedoch generell gegeben, vor allem wenn schonende Anbauverfahren ohne Umbruch oder Herbizide angestrebt werden. Die KUP-Versuche auf ehemaligen Rieselfeldern zeichneten sich durch hohe Heterogenität in Erträgen und Vitalität auf kleinem Raum aus, auch innerhalb derselben Sorten. Deutlich wurden Unterschiede zwischen Steckruten und Steckhölzern. So

Tabelle 1: Elementgehalte in der oberirdischen Biomasse (ohne Blätter) auf ELaN-Versuchsflächen. SH: Schönholz, vernässtes Grünland; BB1, BB2: Biesenbrow 1 und 2, Niedermoor-Randgebiete; WS: Wansdorf, ehemalige Rieselfelder.

Sorte		Pappel 'Max 1'				Weide 'Tordis'			
Standort		SH	BB1	BB2[a]	WS[a]	SH	BB1	BB2	WS[a]
N	mg g^{-1}	4,9	7,2	7,3	8,4	5,9	5,9	-	7,6
P	mg g^{-1}	0,6	1,3	1,0	1,4	0,7	1,0	-	1,2
K	mg g^{-1}	3,5	3,5	4,0	4,6	2,1	2,2	-	3,0
Ca	mg g^{-1}	6,6	9,6	8,6	6,9	4,3	6,2	-	5,0
Mg	mg g^{-1}	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	-	0,5
Fe	µg g^{-1}	20,9	34,7	28,5	23,0	25,5	16,4	-	17,6
Mn	µg g^{-1}	10,5	<10	11,7	20,0	38,4	45,8	-	16,4
Cu	µg g^{-1}	4,0	4,8	3,9	4,5	4,4	3,4	-	5,7
Zn	µg g^{-1}	87,2	72,9	42,4	71,3	185,6	72,9	-	194,8

[a] Mittelwert aus mehreren Mischproben der jeweiligen Sorte auf der Fläche

lagen die höchsten Biomasseerträge der Steckruten nach drei Wuchsjahren, 1. Rotation, bei 12,9 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} für Max 1 und 8,4 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} für Tordis, während die Erträge der Steckhölzer zwischen 1,0 und 6,4 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} für Max 1 betrugen. In den Elementgehalten (s. Tab. 1) sind im Vergleich zu Jug et al. (1999) die niedrigen Fe- und Mn-Gehalte bei Tordis auffällig sowie die erhöhten Ca- und Zn-Gehalte bei Max 1. Die erhöhten N- und P-Gehalte werden auf das hohe Nährstoffangebot durch die historische Verrieselung menschlicher Abwässer zurückgeführt (MLUV & NaturSchutz-Fonds 2005). Wichtigste einschränkende Faktoren für Anwuchs und Biomasseertrag waren Bodenkontamination und Ausfälle durch Drahtwurmbefall (Elateridae) der langjährigen Brachen sowie Wildschäden. Bezüglich der Schwermetalle waren die Cadmiumgehalte von Weide in unmittelbarer Nähe höher als bei Pappel (Tordis: 20,8 µg g^{-1}, Max 1: 6,3 µg g^{-1}). Wuchsbeeinträchtigungen auf allen Grenzertragsstandorten erfolgten durch Wildschäden, was besonders im Zusammenwirken mit anderen Stressfaktoren zu erheblich Biomasseeinbußen führen kann. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anbau von KUP auf Grenzertragsstandorten durchaus möglich ist, die erschwerten Bedingungen jedoch zu Ertragsminderungen und einer höheren Ausfallgefahr führen können. Somit sind einerseits eine bedachte Flächenauswahl, andererseits ökonomische Ausgleichmechanismen vonnöten, wenn die von der KUP bereitgestellten öffentlichen Güter und Leistungen auf diesen Flächen erwünscht sind. Die hier beschriebenen ersten Ertragsberechnungen müssen konsolidiert werden.

Literatur

Jug, A., Hofmann-Schielle, C., Makeschin, F. & K.E. Rehfuess (1999): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. II. Nutritional status and bioelement export by harvested shoot axes. Forest Ecology and Management 121: 67-83.

Koim, N. & D. Murach (2015): Kurzumtriebsplantagen als Landnutzungsoption auf vernässtem Grünland und Niedermoorrandgebieten? In: Häring et al. (Hrsg.): Am Mut hängt der Erfolg. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Eberswalde, 17.-20. März 2015. Verlag Dr. Köster, Berlin, 214-217.

MLUV & Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg (2005): Rieselfeldboden. Steckbriefe Brandenburger Böden 8.3. 2. erweiterte Auflage. Potsdam, 4 p.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 45–46 (2015)

N-Bilanzen und Nutzungseffizienzen von Kurzumtriebsplantagen mit Pappel und Weide – Initiale Ergebnisse agroforstlicher Anwendungen und Ausblick auf erweiterte Untersuchungsansätze

Norbert Lamersdorf[1] und Edzo Veldkamp[2]

[1]Abteilung Ökopedologie der gemäßigten Zonen, [2]Ökopedologie der Tropen und Subtropen, Georg-August-Universität Göttingen. E-Mail: *nlamers@gwdg.de*

Einleitung

Im Rahmen des Verbundvorhabens BEST (Bioenergie-Regionen Stärken; www.best-forschung.de) wurden 2011 Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit Pappel und Weide sowohl als Monokultur, als auch in Form eines "Alley-Croppings" mit Weide und Grünland (Weide-AF) neu angelegt. Für einen dieser Standorte (Reiffenhausen, Ldk. Göttingen) liegen initiale N-Bilanzen und Berechnungen der N-Nutzungseffizienzen vor.

Material und Methoden

Zur Untersuchung des initialen N-Kreislaufs wurden verschiedene N-Flüsse und -Vorräte bestimmt, eine erste N-Bilanz aufgestellt sowie die N-Nutzungseffizienzen ermittelt. Als Eintragsgrößen (Input) gingen die Netto-N-Mineralisation sowie die atmosphärische N-Deposition in die Bilanzen ein. Als Austragsgrößen (Output) wurden die Nitratausträge mit dem Sickerwasser, die Verluste über die Emission von Lachgas (N_2O) sowie der mögliche Export von N über die Ernte der oberirdischen holzigen Biomasse berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Raten der Netto-N-Mineralisation unterscheiden sich jeweils nicht signifikant zwischen den Flächen ($p>0,05$; Tab. 1), zeigen jedoch unter Weide eine Tendenz zu höheren Werten und höheren zeitlichen Streuungen, mit deutlich ansteigenden Raten ab Mitte bis Ende der Vegetationszeit (nicht abgebildet). Der mittlere N-Input aus der atmosphärischen Deposition betrug im Untersuchungszeitraum 11 kg N $ha^{-1}a^{-1}$. Insgesamt ergibt sich somit ein Input von ca. 30 - 40 kg N $ha^{-1}a^{-1}$, mit der Tendenz zu höheren Raten unter Weide. Der potentielle N-Entzug mit der Ernte der holzigen Biomasse fällt am größten bei der KUP-Pappel aus, verursacht durch höhere Nährstoffgehalte und Biomasseerträge im Vergleich zur Weide. Bedingt durch hohe anfängliche Nitratkonzentrationen unter KUP-Weide (max. 33 ± 8,7 mg NO_3-N L^{-1}) errechnen sich hier relativ hohe mittlere Austragsraten von Nitrat im Untersuchungszeitraum (ca. 30 kg NO_3-N $ha^{-1}a^{-1}$). Auch unter Weide-AF zeigen sich im Vergleich zur KUP-Pappel erhöhte Nitratausträge. Die Lachgasemissionen wurden nach Messungen von Walter et al. (2012) für alle Flächen mit maximal 2 kg ha^{-1} a^{-1} veranschlagt. Insgesamt ergaben sich am Untersuchungsstandort mit +9,3 bis +22,5 kg N ha^{-1} a^{-1} ausschließlich positive N-Bilanzen. Dies bedeutet, dass trotz gewisser N-Austräge mit dem Sickerwasser, als Lachgas und über den Export von holziger Biomasse über die Erntemaßnahmen Stickstoff im System zurückgehalten wird.

Dabei deuten die Berechnungen zur N-Effizienz auf eine gesteigerte N-Aufnahmeeffizienz unter Pappel, jedoch eine erhöhte N-Nutzungseffizienz unter Weide. Im Fall geringer bodenbürtiger N-Vorräte sollte im Hinblick auf die N-Nutzungseffizienz daher die Weide (hier, Klon "Tordis") bevorzugt angebaut werden. Der Anbau der Pappel (hier Klon "Max 1") kann dann empfohlen werden, wenn es gilt einen vorhandenen Überschuss an Stickstoff aus z.B. ehemaliger intensiver Düngung oder sonstigen Einträgen (z.B. atmosphärische Deposition) abzubauen.

Tab. 1 Mittlere (±STD) N-Flüsse, N-Bilanzen und N-Effizienzen am Standort Reiffenhausen, Landkreis Göttingen mit KUP-Pappel, KUP-Weide und KUP-Weide als Alley-Cropping-System mit Grünland (Weide-AF; nach Hartmann und Lamersdorf, 2015).

N-Flüsse, N-Bilanzen [kg ha^{-1} a^{-1}] und N-Effizienzen [kg/kg]	**KUP-Pappel**	**KUP-Weide**	**Weide-AF**
N-Input (Netto-N-Mineralisation)[1]	18.6 (13.3)	28.1 (25.5)	23.9 (21.4)
N-Input (atmosphärische Deposition)[2]	11.0 (0.4)	11.0 (0.4)	11.0 (0.4)
∑ Input	**29.6**	**39.1**	**34.9**
N-Output (Aufnahme Stammholz mit Rinde)[3]	7.4 (0.9)	5.5 (0.9)	6.0 (0.7)
N-Output (NO_3-Austrag)[4]	2.5	22.3	4.4
N-Output (N_2O-Emissionen)[5]	≤ 2	≤ 2	≤ 2
∑ Output	**11.9**	**29,8**	**12,4**
N-Bilanz (Input - Output)	**17.7**	**9.3**	**22.5**
N-Aufnahmeeffizienz (N-Aufnahme / ∑ Input)	0.25	0.14	0.17
N-Nutzungseffizienz (TM Holz / N-Aufnahme]	135	198	155

[1] "Buried-Bag"-Methode, Mittel aus 8 Beprobungsterminen, März – Okt. 2012, 0-30 cm, n=4/Monat/Fläche.
[2] Totalisatoren, 2-wöchige Beprobung, Nov. 2011 – Okt. 2012, n=4/Fläche.
[3] Zur Bestimmung der Holzbiomassen (TM=Trockenmassen) siehe Hartmann et al. (2014); N wurde als Gesamt-N in Holzproben, inkl. Rinde gemessen, n=15/Fläche.
[4] NO_3-Messungen: monatliche Mittel, Dez. 2011 – Nov. 2012, n=4 keramische Saugkerzen/Fläche, 60 cm Bodentiefe; die nur für die KUP-Pappel modellierten Wasserflüsse (siehe dazu auch Bredemeier et al. 2015), wurden auch für die Weidenflächen verwendet.
[5] Die eingesetzten Raten der N_2O-Emissionen wurden nur auf der KUP-Pappel gemessen (Okt. 2011 - Okt. 2013, siehe Walter et al. 2012).

Literatur

Bredemeier, M., Busch, G., Hartmann, L., Jansen, M., Richter, F., and Lamersdorf, N. P. (2015). Fast growing plantations for wood production – integration of ecological effects and economic perspectives. Front. Bioeng. Biotechnol. 3:72. doi: 10.3389/fbioe.2015.00072

Hartmann, L., Richter, F., Busch, G., Ehret, M., Jansen, M. und Lamersdorf, N. (2014). Etablierung von Kurzumtriebsplantagen im Rahmen des Verbundprojektes BEST in Süd-Niedersachsen und Mittel-Thüringen – Standorteigenschaften und anfängliche Erträge. Forstarchiv 85, 134–150.

Hartmann, L. und Lamersdorf, N. (2015). Site conditions, initial growth and nutrient and litter cycling of newly installed short rotation coppice and agroforestry system. In: Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas, First Edition. Edited by David Butler-Manning, Albrecht Bemmann, Michael Bredemeier, Norbert Lamersdorf and Christian Ammer. © 2015 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Published 2015 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Walter, K., Don, A., Flessa, H. (2012). Greenhouse gas fluxes during growth of different bioenergy crops. European Geosciences Union, General Assembly, Wien, 22.-27. April 2012.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 47–48 (2015)

Durch Extremwetter hervorgerufene Ertragsanomalien variieren räumlich, zeitlich und auch zwischen Feldfrüchten

Stefan Siebert, Frank Ewert und Ehsan Eyshi Rezaei

Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES); [2]Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn. E-Mail: *s.siebert@uni-bonn.de*

Einleitung

Extremwetterereignisse wie Hitze, Trockenheit, Starkregen oder Frost können zu erheblichen Ertragseinbußen im Ackerbau führen. Während die die Ertragsanomalien auslösenden Prozesse relativ gut erforscht sind, ist wenig bekannt über die raumzeitlichen Muster des Einflusses von Extremwetterereignissen auf unterschiedliche Feldfrüchte. Ebenso ist wenig bekannt, in wie weit Diversifizierung durch Anbau verschiedener Feldfrüchte zu einer Verringerung des Ausmaßes negativer Ertragsanomalien beiträgt.

Material und Methoden

Ertragsanomalien für die Feldfrüchte Winterweizen, Winterraps, Silagemais und Zuckerrüben wurden für Deutschland und seine 13 größten Bundesländer für den Zeitraum 1954-2013 als Abweichung des Ertrages in den einzelnen Jahren vom gleitenden 11-Jahres-Ertragsdurchschnitt berechnet. Ertragsanomalien wurden als Differenz zum geleitenden Durchschnitt (in t ha^{-1}) und relativ zum gleitenden Durchschnitt (in %) berechnet und normiert, in dem für alle untersuchten Regionen und Feldfrüchte die dritthöchsten negativen Ertragsanomalien auf den Wert -1 gesetzt wurden. Der Ertragsanomalieindikator *Ya* wurde dann als die Summe aus den zwei normierten Ertragsanomalien berechnet. Jahre mit dem höchsten negativen Ertragsanomalieindikator wurden zwischen Regionen und Feldfrüchten verglichen. Aus den für die einzelnen Kulturen berechneten Ertragsanomalieindikatoren wurde der Mittelwert berechnet um festzustellen, in wie weit sich negative und positive Ertragsanomalien für unterschiedliche Kulturen im Mittelwert aufheben.

Beziehungen zwischen Wettereinflüssen und Ertragsanomalien wurden durch nichtlineare und lineare Regression von Wetterindikatoren mit dem Ertragsanomalieindikator *Ya* geprüft. Dazu wurden Tageswerte des Niederschlags, der Maximal-, Minimal-, und Mitteltemperatur sowie der potentiellen Evapotranspiration in einer räumlichen Auflösung von 1 km und dem Zeitraum 1953-2013 (Zhao et al., 2015) für Bundesländer und ganz Deutschland aggregiert und folgende Wetterindikatoren für Zeiträume zwischen einem und fünf Monaten berechnet: Niederschlagssumme *Psum* (mm), klimatische Wasserbilanz *CWB* (mm), Mitteltemperatur *Tmean* (°C), Temperatursummen von Tagesmaximaltemperaturen über 27°C *STT27* und über 30°C *STT30* und Temperatursummen von Tagesminimaltemperaturen unter 0°C *FTT0* und unter -10°C *FTT-10*. Um die Repräsentativität der Wetterindikatoren zu erhöhen, wurden bei der räumlichen Aggregierung ausschließlich 1 km Rasterzellen berücksichtigt, in denen sich Ackerland befindet (EEA, 2014). Die Korrelation von *Ya* mit *Psum*, *CWB* und *Tmean* wurde mittels quadratischen Regressionsgleichungen untersucht; für *STT30*, *STT27*, *FTT0* und *FTT-10* wurden lineare Regressionsgleichungen verwendet; Interaktionen zwischen Wettervariablen wurden durch multivariate Regression geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Der berechnete Ertragsanomalieindikator zeigte deutliche Unterschiede in Raum, Zeit und zwischen Kulturen mit höchsten negativen landesweiten Ertragsanomalien im Jahr 2003 für Winterweizen, 1996 für Winterraps, 1976 für Silagemais und 1959 für Zuckerrüben. Die raumzeitlichen Unterschiede in den Ertragsanomalien bewirkten, dass die interannuelle Variabilität des Ertragsanomalieindikators durch Berechnung des Mittelwertes der kulturspezifischen Ertragsanomalieindikatoren um etwa ein Drittel reduziert wird (Abbildung 1). Dies zeigt, dass die Diversifizierung angebauter Feldfrüchte ein geeignetes Mittel ist, um den Einfluss von Extremwetterereignissen auf den über Feldfrüchte aggregierten Ertrag, z.B. das Betriebsergebnis, zu begrenzen.

Der Vergleich der zwischen den Wettervariablen und den Ertragsanomalien ermittelten Regressionskoeffizienten zeigte deutliche Unterschiede zwischen Regionen und Kulturen mit höchsten landesweiten Regressionskoeffizienten für die Niederschlagssumme zwischen April und August (Winterweizen), Januar und Mai (Winterraps), Juni und Juli (Silagemais) sowie Juni bis Oktober (Zuckerrübe).

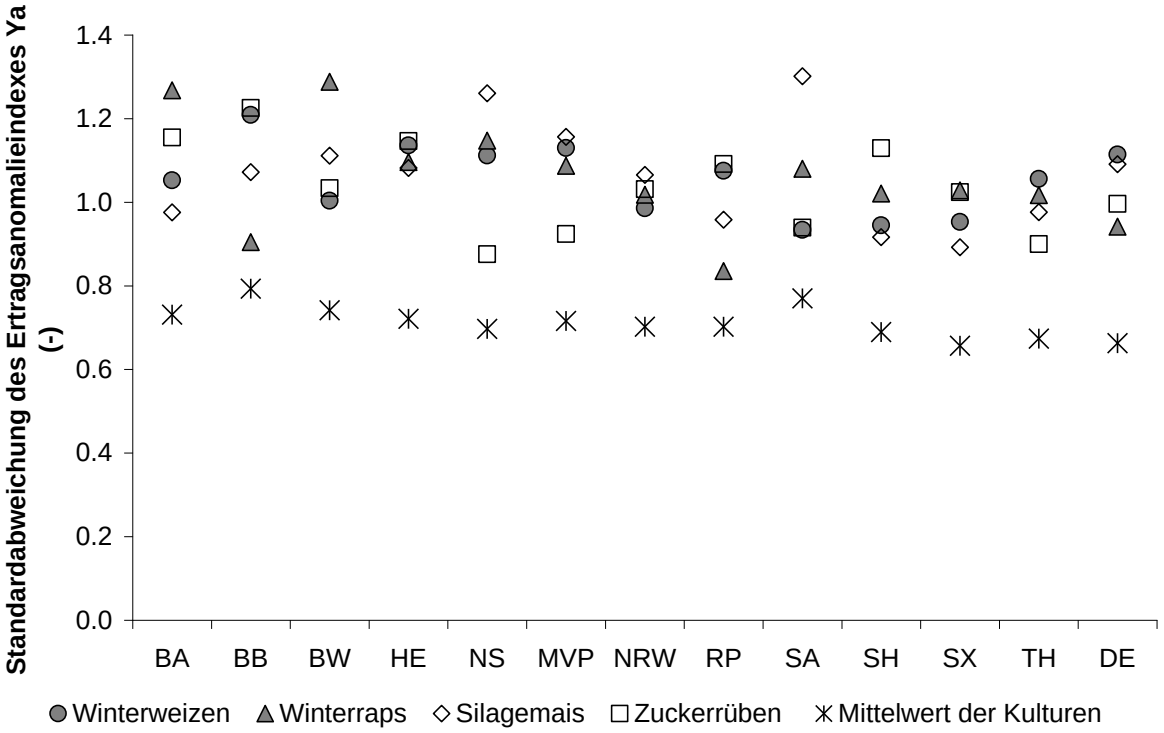


Abbildung 1: Standardabweichung in Zeitreihen des Ertragsanomalieindexes *Ya* im Zeitraum 1954-2013 für Bundesländer und ganz Deutschland für die untersuchten Kulturen und für den Mittelwert der kulturspezifischen Ertragsanomalieindizes.

Literatur

EEA (2009) Corine Land Cover 2006 raster data. European Environment Agency (EEA), http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/ef13cef8-2ef5-49ae-9545-9042457ce4c6, Zugriff am 12.04.2014.

Zhao, G., Siebert, S., Enders, A., Eyshi Rezaei, E., Yan, C., Ewert, F. (2015). Demand for multi-scale weather data for regional crop modelling. Agricultural and Forest Meteorology 200, 156-171.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 49–50 (2015)

Prozessanalyse zur Senkung der Kornprotein-Konzentration bei Winterweizen durch CO_2-Anreicherung

Markus Dier, Remy Manderscheid, Jan Sikora, Martin Erbs
und Hans-Joachim Weigel

Thünen Institut für Biodiversität, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig. *markus.dier@ti.bund.de*

Einleitung

Ein wesentliches Merkmal des Klimawandels ist eine ansteigende atmosphärische CO2 Konzentration (e[CO2]). Bei Weizen führt eine e[CO2] relativ zur vorherrschenden [CO2] zu einer Abnahme der Kornprotein Konzentration zwischen 6-15% (Taub et al. 2008, Myers et al. 2014), die in Zukunft bei Gluten-enthaltenem Getreide zum Verlust der Backqualität führen könnte (Wieser et al. 2008). Jedoch wurden die meisten der bisherigen Studien mit artifiziellen Systemen (z.B. Klimakammerversuche, Open-Top Kammern, Mini-FACE Versuche) durchgeführt. Im Rahmen eines zwei-jährigen Feldversuchs (2014 und 2015) wird Winterweizen bei realistischen Versuchsbedingungen mit e[CO2] mit Hilfe der FACE-Technik angereichert. Unsere Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr zeigen, dass die negative Wirkung einer e[CO2] deutlich geringer war als bei allen bisherigen Untersuchungen.

Material und Methoden

Winterweizen (Sorte Batis) wurde im Jahr 2014 auf einem Versuchsfeld auf dem Thünen-Institut mithilfe der FACE-Technik bei zwei [CO2] (390 ppm, 600 ppm) und drei Kalkammonsalpeter (KAS) N-Düngevarianten (N-Mangel: 40 kg/ha, praxisüblich 180 kg/ha, N-Überschuss: 320 kg/ha) angebaut. Die e[CO2] von 600 ppm wurde bei drei von insgesamt 6 ringförmigen Anordnungen (Durchmesser 20 m) durch ein Pfeifensystem eingestellt, bei den 3 anderen erfolgte keine CO2-Behandlung. Die Gabe von KAS erfolgte an vier Terminen per Hand. Die Versuchsparzellen wurden bewässert, dass die nutzbare Feldkapazität von 60% nicht unterschritten wurde. N% und C% wurde mittels Elementaranalyse ermittelt. Die N-Menge die durch Remobilisierung des vor der Anthese angeeigneten N in das Korn verlagert wurde (Nrem), wurde durch Subtrahieren der N-Menge bei der Endernte von der bei der Anthese abgeschätzt. Die N-Menge die während der Kornfüllung aus dem Boden angeeignet wurde (Nabs), wurde mit Nrem minus der Korn N-Menge zur Endernte berechnet. Die Effizienz von Nrem ist der Quotient von der remobilisierten N-Menge und der N-Menge zur Anthese.

Ergebnisse und Diskussion

Die Korn N% wurde signifikant durch e[CO2] reduziert (s. Tab.1). Diese Abnahme war bei der praxisüblichen Düngevariante k180 höher als bei den beiden Extremvarianten. Insgesamt aber war die prozentuale Reduktion von N% durch e[CO2] deutlich geringer als bei allen bisherigen Versuchen mit Weizen bei e[CO2]. Nur der e[CO2] Effekt der praxisüblichen Variante k180 lag im 95% Vertrauensintervall (-7.5% - -5.2%) der letzten Metaanalyse von Myers et al. (2014).
e[CO2] erhöhte die Kornzahl (s. Tab.1) und auf diese Weise die Senkenkapazität. Außerdem konnte e[CO2] bei k180 und k320 die Korn C-Masse hauptsächlich durch

Steigerung des TKG erhöhen, obwohl dieser Effekt nicht signifikant war. Auf die C% hatte e[CO2] nur eine geringe Wirkung.
Auf die N-Menge im Korn hatte e[CO2] keinen signifikanten Einfluss (s.Tab.1). Vielmehr steigerte e[CO2] die Remobilisierung des vor der Anthese angeeigneten N (Nrem) sowie deren Effizienz. e[CO2] hatte keinen signifikanten Effekt auf Nabs. Doch konnte e[CO2] Nabs bei der N-Überschuss Variante von 320 kg/ha deutlich steigern.
Unsere Daten zeigen, dass e[CO2] die N-Aneignung des Korn nicht negativ beeinflusste. Durch die Steigerung von Nrem wurde im Gegenteil dafür gesorgt, dass wegen der Erhöhung der N-Senke durch e[CO2] die gleiche N-Menge wie bei der Kontrolle ohne CO2-Anreicherung in das Korn verlagert wurde. Dies legt nahe, dass bei unserem Versuch mit Winterweizen die Abnahme von N% hauptsächlich durch eine gesteigerte Kohlenhydrat-Verdünnung erfolgte.

Tabelle 1: Effekt von e[CO2] auf die N- und C-Aneignung

	k40	k180	k320	k40	k180	k320	k40	k180	k320
		N%			**C%**			**Kornzahl/m2**	
- CO2	1.39	1.86	2.17	43.8	44.2	44.2	10248	17827	18977
+ CO2	1.36	1.75	2.09	44.3	44.3	44.5	11488	20032	21416
e[CO2] (%)	-2.3	-5.9	-3.7	1.1	0.3	0.5	12.1	12.4	12.9
CO2		*			(*)			**	
N		***			ns			***	
CxN		ns			ns			ns	
		TKG			**Masse N/Korn (mg)**			**Masse C/Korn (mg)**	
- CO2	46.1	45.9	43.1	0.64	0.85	0.93	20.2	20.3	19.1
+ CO2	45.9	47.4	45.4	0.62	0.83	0.95	20.3	21.0	20.2
e[CO2] (%)	-0.4	3.3	5.3	-2.6	-2.7	1.4	0.7	3.6	5.8
CO2		ns			ns			(*)	
N		*			***			ns	
CxN		ns			ns			ns	
		Nrem (g N/ m2)			**Effizienz Nrem (%)**			**Nabs (g N/ m2)**	
- CO2	4.2	9.4	11.6	75	71	62	2.4	5.8	6.1
+ CO2	4.7	11.0	12.6	77	75	64	2.5	5.6	7.7
e[CO2] (%)	13.0	17.8	8.3	2	6	4	4.0	-4.2	26.2
CO2		(*)			**			ns	
N		***			***			***	
CxN		ns			ns			ns	

–CO2 und +CO2 sind die Mittelwerte (n=3) bei der [CO2] von 390 ppm bzw. 600 ppm
e[CO2] (%) ist der prozentuale CO2-Effekt bezogen auf den Mittelwert bei -CO2
Ergebnisse der Anova: (*): $p < 0.1$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Literatur

Myers S. S. et al. (2014) Increasing CO2 threatens human nutrition: Nature 510,139–142.
Taub D. R., Miller B. & Allen H. (2008) Effects of elevated CO2 on protein concentration of food crops: a meta-analysis. Global Change Biology: 14, 565-575.
Wieser H., Manderscheid R., Erbs M. & Weigel H. J. (2008) Effects of Elevated Atmospheric CO2 Concentrations on the Quantitative Protein Composition of Wheat Grain. J.Agric. Food Chem: 56, 6531-6535

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 51–52 (2015)

Wie beeinflussen erhöhte CO_2-Konzentrationen (FACE) und temporär erhöhte Bestandestemperaturen (T-FACE) sowie deren Interaktion die Ertragsphysiologie von Winterweizen? – Ergebnisse eines Feldversuches

Adam Luig[1], Remy Manderscheid[2], Martin Erbs[2], Arne Ratjen[1], Hans-Joachim Weigel[2] und Henning Kage[1]

[1]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; [2]Thünen-Institut für Biodiversität, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig. E-Mail: *luig@pflanzenbau.uni-kiel.de*

Einleitung

Aufgrund aktueller Klimaprognosen muss von steigenden atmosphärischen CO_2-Konzentrationen und einem generellen Temperaturanstieg ausgegangen werden. Hinzu kommt, dass Hitzewellen, ähnlich denen der Jahre 2013, 2014 und 2015, früher in der Vegetationsperiode auftreten werden (IPCC, 2007) und somit ein erhöhtes Risiko von Ertragsverlusten durch Hitzestress bei Wintergetreide zu erwarten ist. Eine erhöhte CO_2-Konzentration führt zu einer Verringerung der pflanzlichen Transpiration und kann eine erhöhte Bestandestemperatur zur Folge haben (KIMBALL & BERNACCHI, 2006). Insbesondere die um die Anthese ablaufende Meiose und die während der Kornfüllung ablaufende Mitose wurden in Klimakammerversuchen als sensitive Entwicklungsstadien gegenüber hohen Temperaturen (> 30°C) identifiziert (VARA PRASAD & DJANAGUIRAMAN, 2014). Die Effekte von Hitzestress und erhöhter CO_2-Konzentration auf die Produktivität von Pflanzenbeständen ist auf Feldebene bisher jedoch nur unzulänglich untersucht worden. Neben diesen soll zusätzlich in einem chronischen Erwärmungsversuch nach der Blüte geprüft werden, ob die positive CO_2 x Temperatur Interaktion auf die Photosynthese den Ertragsverlust durch höhere Temperaturen während der Kornfüllung bzw. die Verkürzung der Kornfüllungsdauer kompensiert.

Material und Methoden

In den Versuchsjahren 2013/2014 und 2014/2015 wurde Winterweizen (*Triticum aestivum* cv. ‚Batis') unter heutiger CO_2-Außenluftkonzentrationen (ca. 400ppm) und einer ca. für das Jahr 2050 zu erwartenden CO_2-Konzentrationen (600 ppm ab Beginn des Schossens) mittels Free Air Carbon Enrichment – Versuchstechnik (FACE; HENDREY & KIMBALL, 1994) angebaut. Um Hitzestress zu simulieren, wurden kurz vor und zur Anthese zusätzlich die Bestandesoberflächentemperaturen mithilfe von kreisförmig angeordneten Infrarotheizstrahlern um bis zu 5°C erhöht (T-FACE; KIMBALL ET AL., 2008). Mit Beginn der Kornfüllungsphase wurden unter Einsatz der T-FACE Technik Behandlungen mit einer kontinuierlichen Erwärmung von +2 und +4°C zur Referenz-Bestandesoberflächentemperatur etabliert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erhöhung der CO_2-Außenluftkonzentration und die temporäre Steigerung der Bestandesoberflächentemperatur konnten mithilfe der eingesetzten Methoden erfolgreich umgesetzt werden. Im Versuchsjahr 2013/2014 resultierte die erhöhte CO_2-Konzentration in einem 12% höheren Ertrag, was vornehmlich auf eine Erhöhung der Kornzahl zurückgeführt werden kann. Ein kurzzeitiger Hitzestress zur

Mitte der Anthese (BBCH 65) hatte eine Ertragsdepression von 7% zur Folge, da die Bestäubung und Initiierung des Kornwachstums bei Bestandesoberflächentemperaturen von bis zu 30°C und potentiell darüber liegenden Ährentemperaturen (AYENEH ET AL., 2002) nicht erfolgreich stattfinden kann. Inwieweit Hitzestress vor der Anthese wirkt, wird im Versuchsjahr 2014/2015 untersucht.

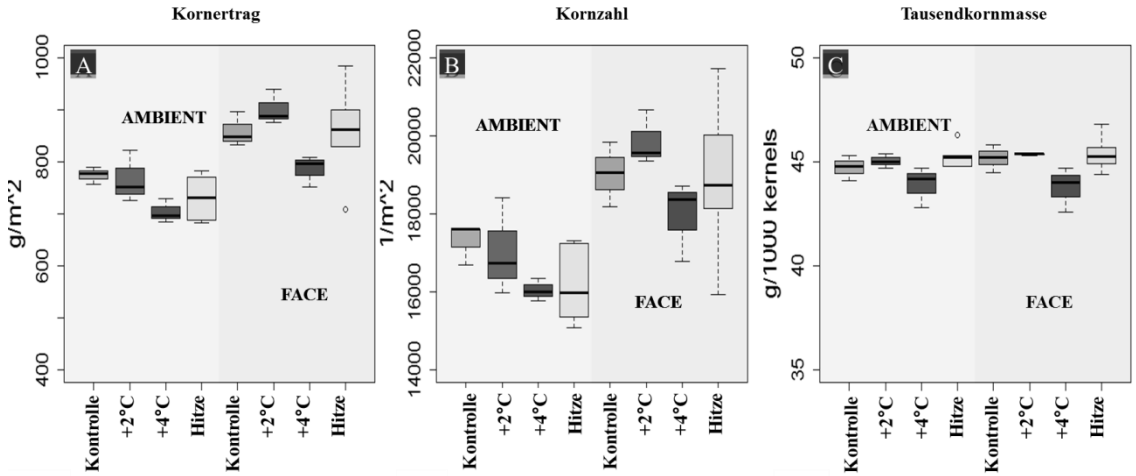


Abb. 1: Boxplotdiagramme des Kornertrages (A), der Kornzahl (B) und der Tausendkornmasse (C) für alle Varianten im Versuchsjahr 2013/2014

Die kontinuierliche Erwärmung der Winterweizenbestände während der Kornfüllungsphase im Versuchsjahr 2013/2014 wurde erst bei +4°C mit 7% Verlust ertragswirksam. In der +2°C Behandlung kompensierten die Pflanzen den Ertragsverlust durch eine Ausweitung der Kornfüllungsphase und eine Erhöhung der Kornfüllungsrate. Bei der höheren Behandlungsstufe hatte die gesteigerte Temperatur während der Kornfüllungsphase Einfluss sowohl auf die Tausendkornmasse durch Verkürzung der physiologischen Entwicklung als auch auf die Kornzahl durch den vorzeitigen Abbruch des Kornwachstums von bereits angelegten Körnern gehabt. Für beide Versuchsteile mit erhöhten Bestandesoberflächentemperaturen (Hitzestressexperiment / chronische Erwärmung) konnten keine signifikanten Interaktionen mit der erhöhten CO_2-Konzentration festgestellt werden. Die bisherige Bestandesentwicklung im Versuchsjahr 2014/2015 lässt eine ähnliche Ergebnislage wie 2013/2014 vermuten.

Literatur

Ayeneh, A., van Ginkel, M., Reynolds, M.P., Ammar, K. (2002) Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature in wheat under heat stress; *Field Crops Research*; 79; 173 - 184

Hendrey, G.R. and Kimball, B.A. (1994) The FACE programm; *Agricultural and Forest Meteorology*; 70; 3 - 14

Intergovernmental Panel on Climate Change, and Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge ; New York: Cambridge University Press)

Kimball, B.A. and Bernacchi, C.J. (2006) Evapotranspiration, canopy temperature and plant water relations; *Ecological Studies*.; 187; 311 - 324

Kimball, B.A. and Conley, M. (2009) Infrared heater arrays for warming field plots scaled up to 5m diameter; *Global Change Biology*; 149; 721 - 724

Vara Prasad, P.V. and Djanaguiraman, M. (2014) Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature and duration; *Functional Plant Biology*; 41; 1261- 1269

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 53–54 (2015)

Wirkung von Wassermangel auf Kornertrag und Samenqualität verschiedener Sojasorten (*Glycine max* (L.) Merr.)

Feng Yan, Jasmin Kalus, Jennifer Herrmann, Ulrike Köhn und Bernd Honermeier

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

Einleitung

Der Sojaanbau ist in Deutschland auf Grund der hohen Wärme- und Wasseransprüche der Pflanze bisher wenig verbreitet. Der einheimische Soja-Bedarf wird überwiegend durch den Import aus den USA, Brasilien und Argentinien gedeckt. In diesen Ländern werden vor allem gentechnisch veränderte Sojasorten produziert. Deshalb wird es immer schwieriger, GvO-freie Sojabohnen zu importieren, um den Ansprüchen der europäischen Verbraucher und der Lebensmittelindustrie gerecht zu werden.

Zur Etablierung des Sojaanbaus in Deutschland sind ausreichende Kenntnisse über die Eigenschaften und über das Ertragsverhalten der verfügbaren Sorten erforderlich. Das Ziel des durchgeführten Parzellenversuchs bestand deshalb darin, den Einfluss unterschiedlicher Wasserversorgung auf den Kornertrag, die Ertragsstabilität und die Samenqualität von unterschiedlichen Soja-Sorten zu untersuchen.

Material und Methoden

Von 2011 bis 2014 wurde am Standort Groß-Gerau ein Feldversuch mit insgesamt 14 Sojasorten (*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 m^2 (7 m x 1,5 m). Im Versuch wurden 14 Sorten unterschiedlicher Reifegruppen (7 Sorten mit 000 für sehr frühe und 7 Sorten mit 00 für frühe Reife) getestet. Die Beregnung wurde, im Vergleich mit einer Kontrolle (ohne Beregnung) in der Blühphase im Juli in zwei Gaben mit je 35 mm durchgeführt. Die Aussaat erfolgte Anfang Mai mit einer Saatstärke von 60 Körnern/m^2 (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 Samenkörner wurden im Labor analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse zeigte, dass es zwischen den beiden Faktoren Sorte und Bewässerung keine signifikante Interaktion gab. 2011 und 2014 gab es keinen signifikanten Unterschied im Kornertrag zwischen Kontrolle und Bewässerung für die meisten getesteten Sorten. Demgegenüber wurde in den Jahren 2012 und 2013 bei allen geprüften Sorten durch die Beregnung ein signifikant höherer Kornertrag er-

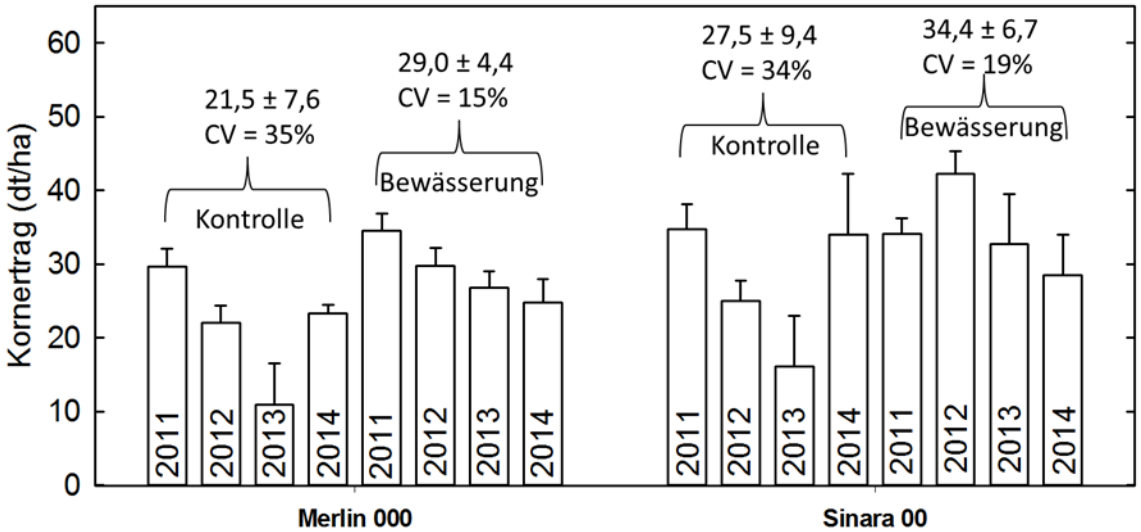


Abb. 1: Einfluss der Bewässerung auf die Stabilität des Kornertrags zweier Sojasorten unter Feldbedingungen in Groß-Gerau von 2011 bis 2014. Dargestellt sind Mittelwerte (Säulen) mit Standardabweichung für jedes Versuchsjahr. Die Zahlen sind Mittelwerte des Ertrags von vier Versuchsjahren mit Standardabweichung. CV: Variationskoeffizient.

zielt. Um diesen Effekt zu verdeutlichen, zeigt die Abbildung 1 die Auswirkung der Bewässerung auf den Kornertrag der Sorten Merlin (Reifegruppe 000) und Sinara (Reifegruppe 00). In der Kontrolle schwankte der Kornertrag sehr stark von etwa 10 (2013) bis 30 (2011) dt/ha mit einem Mittelwert von 21,5 dt/ha. Der Variationskoeffizient lag bei 35%. In der bewässerten Variante zeigte der Kornertrag deutlich geringere Schwankungen von 25 (2014) bis etwa 35 (2011) dt/ha mit einem Mittelwert von 29 dt/ha. Der Variationskoeffizient lag bei 15% und war damit deutlich geringer als in der Kontrolle. Dieser Effekt wurde sowohl bei Merlin als auch bei Sinara beobachtet (Abb. 1). Der Effekt, dass die Bewässerung zu einer deutlichen Verbesserung der Stabilität der Kornerträge führte, wurde auch bei den anderen 12 Sorten beobachtet.

Die Erhöhung von Kornertrag und Ertragsstabilität 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.

Aus den Versuchsergebnissen lässt sich ableiten, dass auf dem Standort Groß-Gerau (Sandboden) das Wasser ein limitierender Faktor für den Kornertrag der Sojabohnen darstellt. Mit einer Zusatzbewässerung kann man nicht nur den Kornertrag erhöhen, sondern auch die Ertragsstabilität von Sojabohnen deutlich verbessern.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 55–56 (2015)

Climate change effects on intensity of heat stress in winter wheat

Ehsan Eyshi Rezaei, Stefan Siebert und Frank Ewert

Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany E-Mail: *eeyshire@uni-bonn.de*

Introduction

The impact of increasing temperature may decline the global wheat production by 6% for each °C of further temperature increase (Asseng et al., 2015). However, global warming also accelerates crop development rates so that flowering time is nowadays earlier in the cooler spring season (Tao et al., 2014). In this study we show how changing phenology affects winter wheat heat stress intensity over Germany. In addition, we also test crop model performance for reproducing the relationship between phenology advancement and heat stress intensity in winter wheat.

Materials and Methods

We analyzed phenology (day of heading) and temperature observations from the German Meteorological Service which we interpolated to 1 km × 1 km resolution across croplands (EEA, 2009) of Germany in the period 1952-2013. The intensity of heat stress around flowering, called Stress Thermal Time (STT), was calculated by accumulating hourly temperatures above the critical threshold of 27°C for a three weeks period beginning one week before heading (DOH) (Siebert et al., 2014). Segmented, piecewise linear regression was used for the analysis of trends in temperature, phenology and heat stress intensity. We used SIMPACE <LINTUL-2> for simulation of phenology in this study (Zhao et al., 2015).

Results and Discussion

The segmented, piecewise linear regression of DOH and mean temperature during March to May showed a breakpoint in year 1970. There was a considerable increase in mean temperature (~1.8 ºC) for the period 1971-2013 across Germany (Figure 1). Areas of high temperature (>8.9 °C) extended from the former hot spots in the Rhine valley to all the lowlands in Central and Southern Germany (Figure 2). DOH was mainly in early to mid June during the period 1952–1970 (Figure 1). However, DOH advanced to mid May for the period 1971-2013 (Figure 1). The trend in DOH showed a clear difference between the Northern and Southern part of Germany during the first period (1952–1970) (Figure 2). However, the trend to earlier DOH was almost the same throughout the country for the period 1971–2013 (-0.6 to -0.4 day year^{-1}) (Figure 2).The breakpoint of STT was in year 1980. There was no remarkable difference in heat stress intensity between the two periods except for the Southern part of Germany where an increasing trend in STT was detected for the period 1981–2013 (Figure 3). Therefore, hotspots of heat stress with mean STT above 2100 °C minute extended from the Southern part of Eastern Germany to river valleys in Southern Germany (Figure 3). The model well reproduced mean DOH (RMSE = 3.5 days, R^2 = 0.8) over the years.

In conclusion, earlier heading caused by the warmer spring period can avoid exposure of winter crops to extreme heat events around anthesis, which is the most sensitive growth stage to heat stress. It is also important to consider phenology advancement in climate change impact assessments.

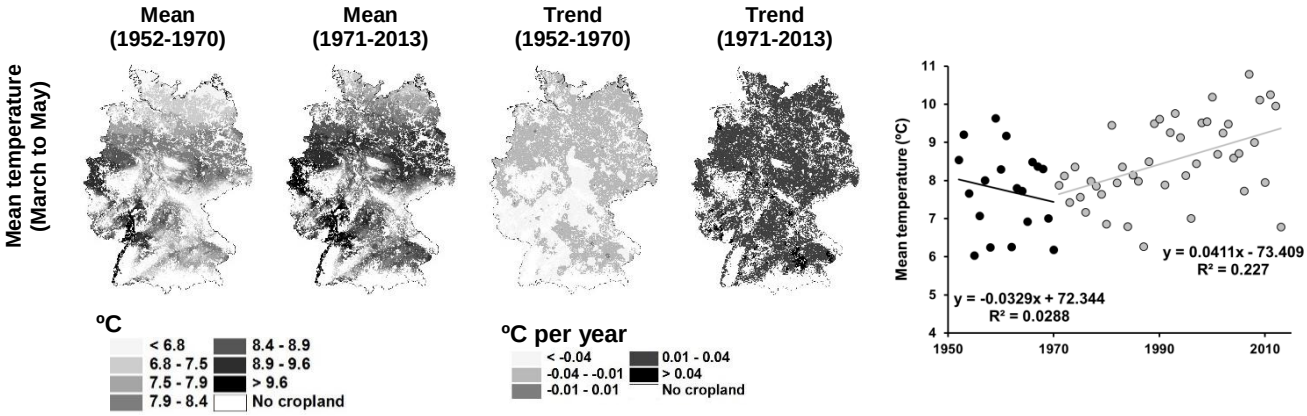


Figure 1. Spatial pattern of mean and trend for periods 1952–1970 and 1971–2013 at 1 × 1 km resolution for the mean temperature for the period March–May across Germany.

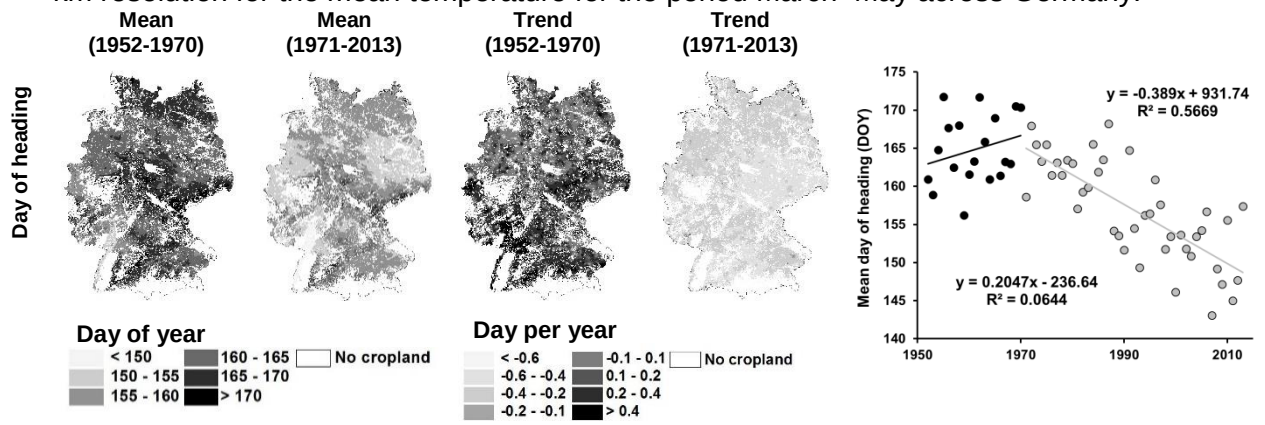


Figure 2. Spatial pattern of mean and trend for periods 1952–1970 and 1971–2013 at 1 × 1 km resolution for day of heading across Germany.

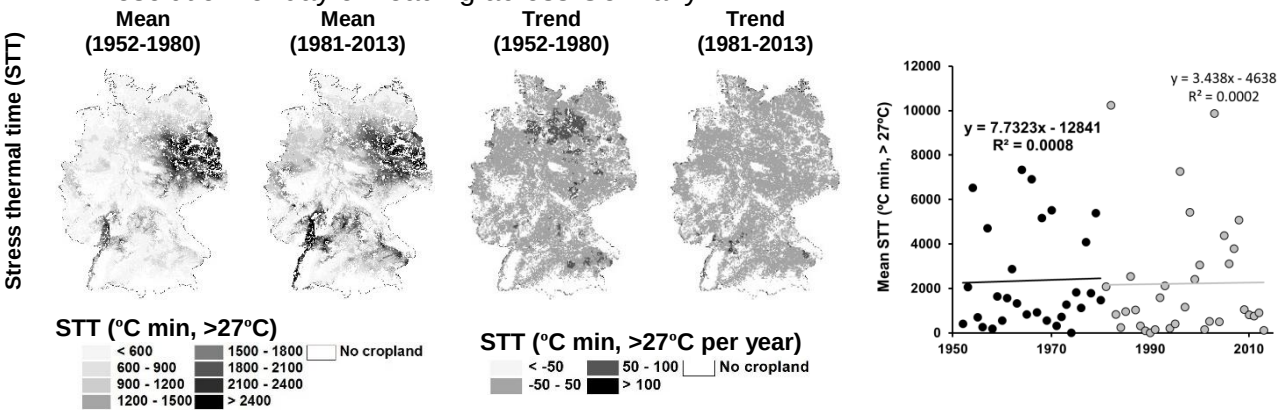


Figure 3. Spatial pattern of mean and trend for periods 1952–1980 and 1981–2013 at 1 × 1 km resolution for stress thermal time across Germany.

References

Asseng, S., et al., 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. Nature Climate Chnage, 5: 143-147.

EEA (2009) Corine Land Cover 2006 raster data. European Environment Agency (EEA), http://goo.gl/BzOkTs, accessed 12/04/2014.

Tao, F., et al., 2014. Maize growing duration was prolonged across China in the past three decades under the combined effects of temperature, agronomic management, and cultivar shift. Global Change Biology, 20: 3686–3699.

Zhao, G. et al, 2015. Demand for multi-scale weather data for regional crop modeling. Agricultural and Forest Meteorology, 200: 156-171.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 57–58 (2015)

Einfluss der Anbauintensität und der Stickstoffdüngung auf die Produktivität von Winterraps im Mitteldeutschen Trockengebiet

H. Hegewald [1], B. Koblenz [1], M. Wensch-Dorendorf [2] und O. Christen[1]

[1]Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ Ökologischen Landbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; [2]Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/Professur für Pflanzenzüchtung/Arbeitsgruppe Biometrie und Agrarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
E-Mail: *hannes.hegewald@landw.uni-halle.de*

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten konnten die Erträge in der Landwirtschaft durch den Einsatz von mineralischen Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, Wachstumsregulatoren und dem Anbau neuer Sorten gesteigert werden. Zusätzlich zur Steigerung der Erträge wachsen jedoch auch die Ansprüche an die moderne Landwirtschaft. Hierbei soll vor allem ein Beitrag zur Deckung des Energiebedarfes geleistet werden. Die Umweltpolitik der Europäischen Union fördert dabei die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Biodiesel aus Rapsöl (2009/28/EC). Im Jahr 2014 wurden in der EU 21 Millionen t Raps produziert. Davon wurden in Deutschland 6,25 Millionen t erzeugt. Deutschland hat damit sein Produktionsvolumen seit dem Jahr 1991 mehr als verdoppelt. Diese Steigerung wurde zum einen über einen Ertragszuwachs, zum anderen über die Ausweitung der Winterrapsanbauflächen realisiert (eurostat, 2015). Demzufolge sind der Anteil von Raps in der Fruchtfolge und die Anbaukonzentration in der Kulturlandschaft angestiegen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf der Versuchsstation Etzdorf (Sachsen-Anhalt, 11° 45.443‘E, 51° 26.095‘N) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Jahr 2002 angelegt. Für den Untersuchungszeitraum von 2005 bis 2014 bestand eine mittlere Lufttemperatur von 9,3°C und eine mittlere Niederschlagssumme von 512 mm. Der Versuch basiert auf der Fruchtfolge Winterweizen (WW)-WW-WW-Winterraps (WRa)-WRa-WRa und einer WRa-Monokultur. Somit ergaben sich erstmals im Jahr 2005 vier unterschiedliche Vorfruchtkombinationen (VFK) vor Winterraps: WW-WW (erster WRa), WW-WRa (zweiter WRa), WRa-WRa (dritter WRa) und die WRa-Monokultur.
Im Jahr 2013 wurde der Versuch um einen zweiten Untersuchungsfaktor erweitert und die Düngestufen 120 kg N ha^{-1} und 180 kg N ha^{-1} integriert. Die Stickstoffdüngung wurde in zwei Teilgaben in Höhe von 60/60 kg N ha^{-1} und 90/90 kg N ha^{-1} zu Beginn der Wachstumsperiode und zur Bildung der Blütenanlagen (EC 50) appliziert. Die ausgebrachte Düngerform war ASS.
In den jeweiligen Versuchsjahren erfolgten die Ertragserfassung und die Ölgehaltsbestimmung. Somit konnte der Ölertrag berechnet werden. Zusätzlich wurde die N-Effizienz ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Für die untersuchten Parameter Ertrag, Ölgehalt, Ölertrag und N-Effizienz ergaben sich in den Jahren 2005 – 2012 keine Unterschiede aufgrund einer signifikanten Jahres × Vorfruchtkombination-Wechselwirkung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ertrag, Ölgehalt, Ölertrag und N-Effizienz von Winterraps in Abhängigkeit von Vorfruchtkombination und N-Düngung (2005 – 2014)

Jahr	Düngestufe	Vorfruchtkombination			
		WW-WW	WW-WRa	WRa-WRa	WRa-Monokultur
		Ertrag dt ha^{-1}			
2005 – 2012‡	206	40,2	38,6	36,1	36,2
2013 – 2014+	120	46,1	45,9	46,1	42,8
	180	48,1	46,1	46,7	44,2
		Ölgehalt %			
2005 – 2012‡	206	45,4	45,4	45,3	46,0
2013 – 2014+	120	46,2	46,1	46,5	46,7
	180	46,7	46,0	46,2	46,6
		Ölertrag dt ha^{-1}			
2005 – 2012‡	206	18,0	16,9	15,9	15,4
2013 – 2014+	120	21,3	21,2	21,4	19,9
	180	22,5	21,2	21,5	20,5
		N-Effizienz kg kg^{-1}			
2005 – 2012‡	206	20,2	19,0	17,8	17,5
2013 – 2014+	120	38,4	38,2	38,4	35,6
	180	26,7	25,6	26,0	24,5

‡ Keine signifikanten Unterschiede aufgrund signifikanter Jahr × Vorfruchtkombination-Wechselwirkung.

+ Keine signifikante VFK × Düngung-Wechselwirkung

Jedoch zeigt sich für die Parameter Ertrag, Ölertrag und N-Effizienz ein abnehmender Trend mit zunehmender Anbauintensität von Winterraps. Für den Zeitraum 2013 – 2014 wurde für die Untersuchungsparameter keine signifikante VFK × Düngung-Wechselwirkung ermittelt. Die Haupteffekte zeigen jedoch signifikante Unterschiede für die Parameter Ertrag, Ölertrag und N-Effizienz. So wurden in der Monokultur die signifikant niedrigsten Erträge, Ölerträge und N-Effizienzen ermittelt. Ähnliche Ergebnisse zeigte Stobart (2012). In der höheren N-Stufe wurden signifikant höhere Erträge und Ölerträge erzielt. Die N-Effizienz ist bei höherer Düngung jedoch signifikant niedriger als in der reduzierten N-Stufe. Der Grund hierfür sind annähernd gleiche Ertragsniveaus in den Düngestufen. Eine Abnahme der N-Effizienz mit höherer N-Düngung wurde bereits durch Rathke et al. (2006) berichtet.

Literatur

2009/28/EC (2009) Directive 2009/28/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.

eurostat (2015) Winter rape. Verfügbar unter: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do (geprüft am 02.07.2015).

Rathke G, Behrens T, Diepenbrock W (2006) Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (Brassica napus L.): A review. Agriculture, Ecosystems & Environment 117, 80–108. doi:10.1016/j.agee.2006.04.006

Stobart RM (2012) Oilseed rape: the impact of rotational intensity on crop performance. Aspects of Applied Biology (117), 145–150.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 59–60 (2015)

Gülleunterfußdüngung zu Silomais in Nordwestdeutschland

Carl-Philipp Federolf, Matthias Westerschulte, Hans-Werner Olfs und Dieter Trautz

Fakultät für Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur/Hochschule Osnabrück, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück.
E-Mail: *c.federolf@hs-osnabrueck.de*

Einleitung

In Nordwestdeutschland sind hohe P-Gehalte in Böden und Gewässern, sowie ein hohes Nitratauswaschungspotenzial mitunter die Folge intensiver Düngung mit Wirtschaftsdüngern. Der Nährstoffbedarf von Mais (*Zea mays*) wird üblicherweise durch ausreichende Wirtschaftsdüngergaben gedeckt. Um eingeschränkten Nährstoffverfügbarkeiten in der Jugendentwicklung entgegen zu wirken, werden zusätzlich mineralische NP-Unterfußdünger eingesetzt. Die N- und P-Bilanzsalden dieser Flächen sind meist hoch.

Neuere Entwicklungen in der Gülletechnik, kombiniert mit automatischen Lenksystemen ermöglichen es den Landwirten Gülle im Depot-Band unter der später angelegten Maisreihe zu platzieren. Die hohe Nährstoffkonzentration in diesen Bändern soll durch eine Verbesserung der räumlichen Verfügbarkeit die Jugendentwicklung des Maises fördern (Schröder et al., 2015). Zudem kann unter Umständen der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes zu injizierter Gülle die Nitratauswaschung reduzieren und so die Stickstoffverfügbarkeit weiter verbessern (Schmitt et al., 1995).

In Kooperation mit den Landwirtschaftskammern in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein wurde 2013 und 2014 eine Versuchsserie zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Gülleunterfußdüngung auf 8 Standorten durchgeführt.

Material und Methoden

Bei der Auswahl der Standorte für die Exaktversuche wurde auf eine breite Streuung von Bodenqualitäten und Klimaräumen geachtet. Neben langjährig intensiv organisch gedüngten, leichten Standorten im westlichen Münsterland, um Oldenburg und auf der Geest um Schleswig, fanden auch Versuche auf typischen Ackerbaustandorten in den Soester und Hildesheimer Börden statt. Nach unterschiedlichen Vorfrüchten und intensiver Bodenbearbeitung wurde zwischen zwei Wochen und einem Tag vor Beginn der Maisaussaat an den jeweiligen Standorten Gülle ausgebracht. Zum Einsatz kamen Schweinegüllen aus Sauen- und Mastbetrieben, sowie Gärreste aus Biogasanlagen. Die Gülledosierung wurde anhand des Stickstoffsollwertes von 180 kg N ha^{-1} für das Standardverfahren mit Schleppschlauchapplikation und einer Unterfußdüngung zur Saat mit 23-10 kg NP ha^{-1} bemessen. Neben einer ungedüngten Kontrolle wurden Parzellen mit Gülleinjektion unter der später anzulegenden Maisreihe mit und ohne Zusatz des Nitrifikationshemmstoffes Piadin (Dosierung: 3 l ha^{-1}) angelegt. Hier wurden 23 kg N ha^{-1} zum Ausgleich nach der Saat breit gestreut. Zur Ernte und im Jahr 2014 zum 8-Blatt Stadium wurden Trockenmasseertrag und Stickstoffaufnahme erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

In der Jugendentwicklung konnte die Gülleunterfußdüngung bei kühl-feuchter Witterung in den Monaten April und Mai optisch nicht immer mit der mineralischen

Unterfußdüngung mithalten. Stickstoff- und Phosphormangelsymptome traten besonders auf den schwereren Standorten im Jahr 2013 auf. Der Zusatz des Nitrifikationshemmstoffes bringt hier auf einigen Standorten Vorteile, das längere Vorhandensein von Ammoniumstickstoff scheint sich positiv auf die Jugendentwicklung auszuwirken.
Die Ergebnisse aus den zwei sehr unterschiedlichen Jahren zeigen keine Unterschiede in Ertrag und Qualität für die gedüngten Verfahren (Abb. 1). Bei gleicher Güllemenge ist der N-Entzug bei Gülleinjektion mit Nitrifikationshemmstoff jedoch signifikant höher als beim Standardverfahren. Dies lässt auf eine bessere Ausnutzung des in der Gülle enthaltenen Stickstoffs schließen. In Jahren mit hohem Nitratverlagerungspotenzial können bei platzierter Gülleinjektion auf leichten Standorten jedoch höhere Trockenmasseerträge erzielt werden.

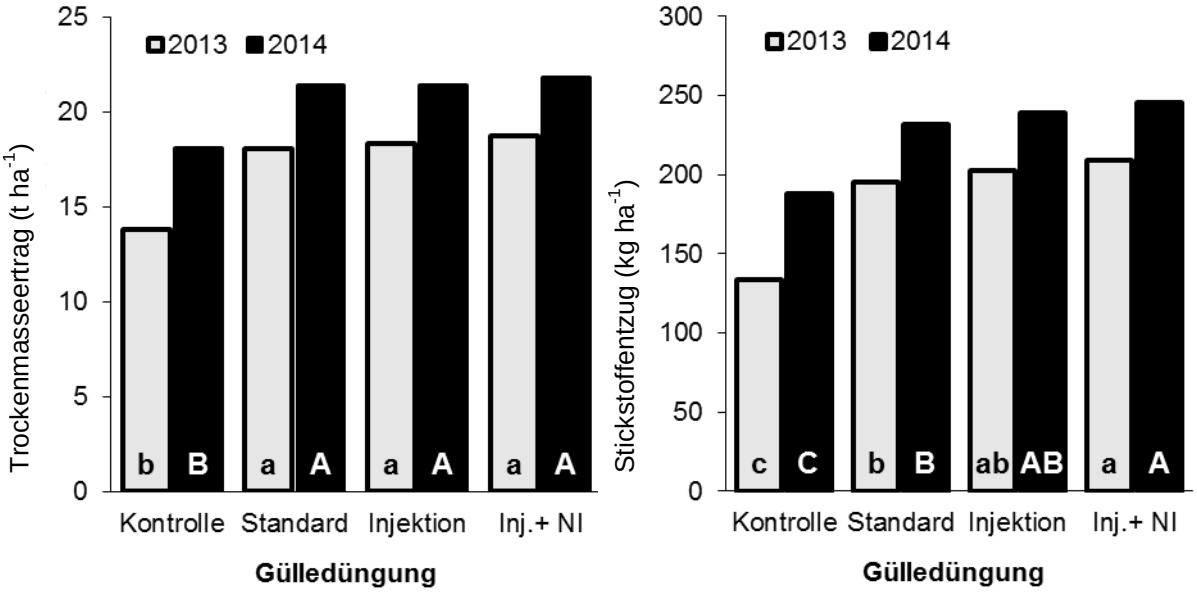


Abbildung 1: Trockenmasseertrag und Stickstoffaufnahme (Mittelwerte von 6 Standorten in 2013 und 7 in 2014). *Verschiedene Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede (Tukey; p=0,05) hin.

Fazit

Die Gülleunterfußdüngung zu Silomais kann auf einem breiten Spektrum von Standorten die mineralische Unterfußdüngung ersetzen, ohne Silomaisertrag und -qualität negativ zu beeinflussen. Die Verringerung von Stickstoff- und Phosphorgaben sorgen zusammen mit vergleichbaren oder höheren Entzügen für eine Entlastung der betrieblichen Nährstoffbilanzen und lassen auf positive Umwelteffekte des Systems schließen.

Literatur

Schmitt, M.A., Evans, S.D., Randall, G.W. (1995). Effect of liquid manure application methods on soil nitrogen and corn grain yields. Journal of Production Agriculture 8, 186-189.
Schröder, J.J., Vermeulen, G.D., van der Schoot, J.R., van Dijk, W., Huijsmans, J.F.M, Meuffels, G.J.H.M, van der Schans, D.A. (2015). Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. European Journal of Agronomy 64, 29-36.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 61–62 (2015)

Wirkung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung auf Wachstum und Ertrag von Senf und Winterroggen und auf die Abundanz von Regenwürmern auf einem sandigen Standort

Ross, Christina-Luise[1], Wilken,Verena[1], Krück, Stefanie[3], Sensel-Gunke, Karen[1], Ellmer, Frank[2]

[1]Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP), Berlin
[2]Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
[3]Freie Beraterin Pflanzenbauliche Forschung und Bodenbiologie, Berlin.
Email: *roschris@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Bioabfall ist als Substrat für Biogasanlagen besonders geeignet, da er unter mesophilen wie auch unter thermophilen Bedingungen sehr effektiv vergoren werden kann (Zhang et al., 2014). In Hinblick auf das Schließen von Nährstoffkreisläufen wird die Verwendung der entstehenden Gärprodukte als Dünger in der Landwirtschaft angestrebt (BMELV, 2012). Hohe Gehalte an Störstoffen oder Schwermetallen könnten jedoch zu ökologischen Problemen führen und die Einsatzmöglichkeiten begrenzen. Im Rahmen eines mehrjährigen Feldversuchs in Brandenburg wurde die Wirkung von Gärprodukten aus Bioabfällen auf Wachstum und Ertrag von Senf und Winterroggen und auf Abundanz und Artenzahl von Regenwürmern untersucht.

Material und Methoden

Die getesteten Gärprodukte wurden durch anaerobe Vergärung und anschließende Kompostierung gewonnen. In einem zweiten Schritt wurde der feste Kompost weiter aufbereitet, wodurch drei verschiedene Produkte entstanden: „Kompost fein“ (mechanisch auf 20 mm gesiebt und dadurch von groben Störstoffen befreit), „Pellet“ (Kompost fein zu Pellets von 20 mm Durchmesser gepresst) und „Agglomerat“ (rückbefeuchteter und zu runden Agglomeraten geformter Kompost fein).
Der Feldversuch wurde als einfaktorielle, vollständig randomisierte Blockanlage mit folgenden Prüfgliedern angelegt:

- Jeweils eine Variante mit 200 kg ha^{-1} N aus den einzelnen Gärprodukten
- jeweils eine Variante mit 100 kg ha^{-1} N aus den Gärprodukten + Aufdüngung mit KAS auf 120 kg $N_{verfügbar}$
- 30, 60 und 90 kg ha^{-1} N aus KAS
- ungedüngte Kontrolle.

Die Bestimmung und Zählung der Regenwürmer im Feldversuch erfolgte im Mai 2015 in den ausschließlich mit Gärprodukten gedüngten Varianten sowie in der Kontrolle, wobei je Parzelle zwei Mal 1/8 m^2 durch Handsortierung nach Grabung (20 cm tief) und Austrieb mit Allyl-Isothiocyanat (100 mg l^{-1}) untersucht wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl bei Senf als auch bei Roggen konnte durch die Düngung mit Bioabfallprodukten kein signifikanter Mehrertrag gegenüber der Kontrolle erzielt werden (Abb. 1). Die Kombination mit mineralischer N-Düngung führte demgegenüber vor allem bei Roggen zu Ertragssteigerungen, sowohl im Vergleich zur Kontrolle als auch zur alleinigen KAS-Düngung. Ein negativer Effekt wurde durch keines der Bioabfallprodukte festgestellt.

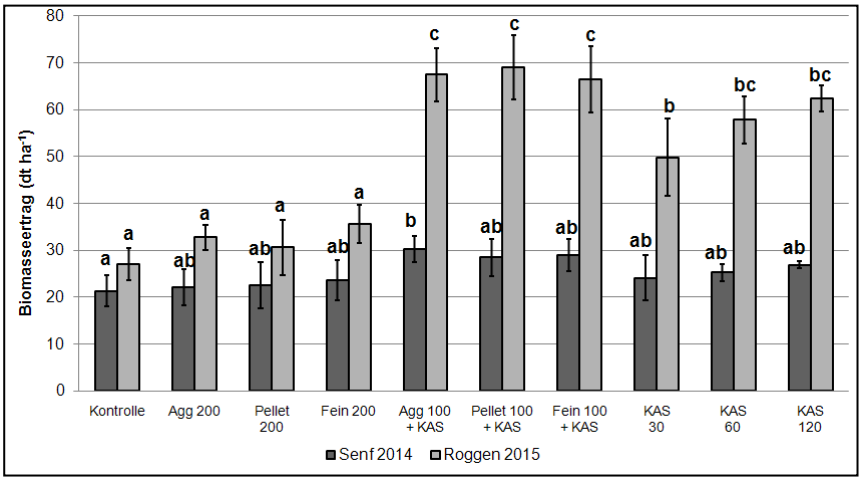


Abb. 1: Biomasseerträge von Senf und Roggen im Feldversuch in Abhängigkeit von der Düngung mit verschiedenen Bioabfallprodukten und KAS. Fehlerindikatoren bilden die Standardabweichung ab, n = 4, Balken mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich innerhalb der Pflanzenart nicht, Tukey-Test mit α = 0,05

Bei den Regenwurmuntersuchungen konnten keine signifikanten negativen Effekte auf Abundanz oder Artenzusammensetzung festgestellt werden (Tab. 1). Tendenziell wurden die mit „Pellet“ und „Kompost fein“ gedüngten Varianten gegenüber der Kontrolle bevorzugt. Dies spricht dafür, dass durch die Applikation der getesteten Produkte keine negativen Auswirkungen für Regenwürmer zu erwarten sind.

Tab.1: Abundanz und Gewichte der Regenwürmer im Feldversuch im Mai 2015.

Variante / Parameter	Kontrolle	Agglomerat	Pellet	Kompost fein
Anzahl Tiere ges.	**30**	**30**	**45**	**46**
Gewicht Tiere gesamt (g)	10,91	15,39	24,72	16,22
Anzahl Adulte	**7**	**13**	**18**	**16**
Gewicht Adulte (g)	5,01	11,64	16,25	8,31
Anzahl Juvenile	**21**	**15**	**24**	**27**
Gewicht Juvenile (g)	5,58	2,93	8,05	7,08
Anzahl n.b. Tiere	**2**	**2**	**3**	**3**
Gewicht n.b. Tiere (g)	0,32	0,83	0,41	0,84
Anzahl Kokons	**8**	**41**	**36**	**30**
Gewicht Kokons (g)	0,55	0,76	0,77	0,51
Anteil Arten (% der Tiere gesamt)				
Aporrectodea caliginosa	73,17	73,08	81,04	64,20
Allolobophora chlorotica	18,25	17,50	9,72	29,71
Allolobophora bzw. Aporrectodea spec.	8,57	9,42	4,44	6,09
Lumbricus terrestris	0,00	0,00	4,79	0,00

Literatur

BMELV (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Daten u. Fakten zur Biomasse (Novelle 2012). Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

ZHANG, C.; SU, H.; BAEYENS, J.; TAN, T. (2014): Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014), 383–393

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 63–64 (2015)

Effect of different mineral and organic fertilization on soil parameters and seed yield formation of summer barley 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@agrar.uni-giessen.de*

Introduction

Among organic fertilizers farm yard manure plays a significant role in humus reproduction, soil structure and plant performance since it includes carbon as well as plant nutrients needed for plant growth (Achieng et al. 2010). Farm yard manure may improve the soil properties due to the activation of biomass for soil microbes. The objective of this research is to investigate the effect of long-term different fertilization systems on selected soil parameters as well as on seed yield and yield formation of summer barley.

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 2014 the trial was cultivated by summer barley. 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+P, N+K and N+P+K resulting in 15 treatments (3 dosages x 5 methods of fertilization). Soil respiration was measured with soil samples taken after harvesting of summer barley. 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 2014 in summer barley the following plant parameters were measured: tiller density, chlorophyll content (SPAD, flag leaf stage DC: 53), LAI (flag leaf stage DC 53), spikes/m^2 and final grain yield.

Results and Discussion

In terms of soil respiration, the interaction and main effect of different combinations of fertilization did not demonstrate a significant difference, whereas the main effect of different dosages of fertilization indicated a significant difference. The lowest value refers to the treatments without manure application and the highest value of this parameter is related to the treatment which has been applied by fully amount of mineral fertilization and manure application. 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 CO_2 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.

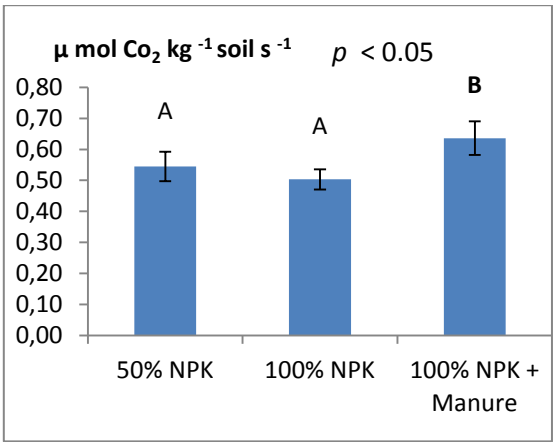


Fig.1. Soil respiration values (0-15 cm) under different fertilizer dosages in 2014

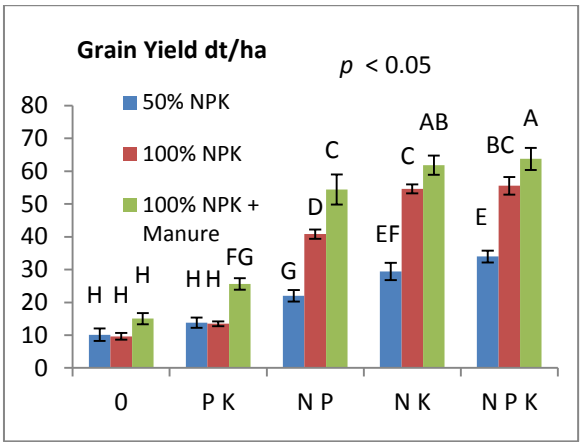


Fig.2. Grain yield of barley under different fertilizer dosages & combinations in 2014

With respect to the grain yield of summer barley a significant interaction effect was found (fig. 2). The lowest yield belongs to control and the highest yield refers to the 100% NPK + manure treatment, but there is not any significant effect among fully amount of N fertilizer + manure with each other. 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

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.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 65–66 (2015)

Einfluss der N-Düngung auf Gesamtphenole in Weizenkaryopsen

Beate Stumpf, Feng Yan und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen.
E-Mail: *beate.stumpf@ernaehrung.uni-giessen.de*

Einleitung

Weizen (*Triticum aestivum*) zählt zu den wichtigsten Nahrungsgetreidearten weltweit. Er liefert dem menschlichen Körper nicht nur Energie in Form von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen, sondern besitzt darüber hinaus auch antioxidativ wirksame sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, wie beispielsweise phenolische Verbindungen. Diesen Substanzen, die bei Getreideerzeugnissen vor allem in Vollkornprodukten zu finden sind, werden zahlreiche positive Effekte auf die menschliche Gesundheit zugesprochen. Sie sollen beispielsweise das Risiko der Entwicklung von Diabetes Typ 2 oder Atherosklerose vermindern, indem sie die schädliche Wirkung reaktiver Sauerstoffspezies herabsetzen. Da noch wenig darüber bekannt ist, wie sich die Stickstoff (N)-Düngung auf die Konzentration phenolischer Verbindungen in Weizenkaryopsen auswirkt, wurde ein Versuch durchgeführt, bei dem Weizen mit unterschiedlichen Mengen an Stickstoff gedüngt und anschließend die Gesamtphenolgehalte im Korn bestimmt wurden.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch am Versuchsstandort Rauischholzhausen wurde Weizen (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) der Sorte Thasos in kleinen Mitscherlich-Gefäßen (6 l) kultiviert. Pro Gefäß wurden 33 Samen gesät. Der Boden setzte sich aus 2 kg Löss-Lehm und 4 kg Sand zusammen. Eine optimale Versorgung mit den Nährstoffen Kalium, Magnesium, Calcium und Phosphor wurde durch einen Basisdünger gewährleistet. Zwei Prüffaktoren wurden untersucht:
Prüffaktor A) Menge des als NH_4NO_3 verabreichten N-Düngers (0,25, 0,50, 1,00 und 2,00 g N/Gefäß); Prüffaktor B) Entwicklungsstadium der Pflanze zum Zeitpunkt der Ernte (DC 75 Mitte Milchreife, DC 77 späte Milchreife, DC 85 Teigreife). Die Körner wurden bei < 40 °C getrocknet und die phenolischen Verbindungen in drei Fraktionen extrahiert: 1) freie lösliche, 2) veresterte lösliche und 3) zellwandgebundene unlösliche phenolische Verbindungen. Der Gesamtphenolgehalt wurde mittels Folin-Ciocalteu-Assay mit Gallussäure als Referenz bestimmt. Die Ergebnisse sind als Milligramm Gallussäureäquivalente (GAE) pro Gramm Trockenmasse dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtphenole der drei Fraktionen wiesen unterschiedliche Reaktionen auf eine erhöhte N-Düngung auf. In der Fraktion der freien löslichen phenolischen Verbindungen (Fraktion 1) stieg der Gesamtphenolgehalt von 0,25 g N/Gefäß (0,11 mg GAE/g TM) zu 1 g N/Gefäß (0,14 mg GAE/g TM) um 27 %. Durch die Gabe von 2 g N/Gefäß konnte der Gesamtphenolgehlt nicht weiter gesteigert werden (Abb. 1).
Für Fraktion 2 war dagegen von 0,25 bis 1 g N/Gefäß kein signifikanter Unterschied des Gesamtphenolgehaltes zu erkennen. Bei einer weiteren Erhöhung der N-Düngung auf 2 g N/Gefäß verringerte sich der Gesamtphenolgehalt um ca. 33 % von 0,21 auf 0,14 mg GAE/g TM (Abb. 1).

Zellwandgebundene phenolische Verbindungen (Fraktion 3) ließen sich durch die Höhe der N-Düngung kaum beeinflussen.

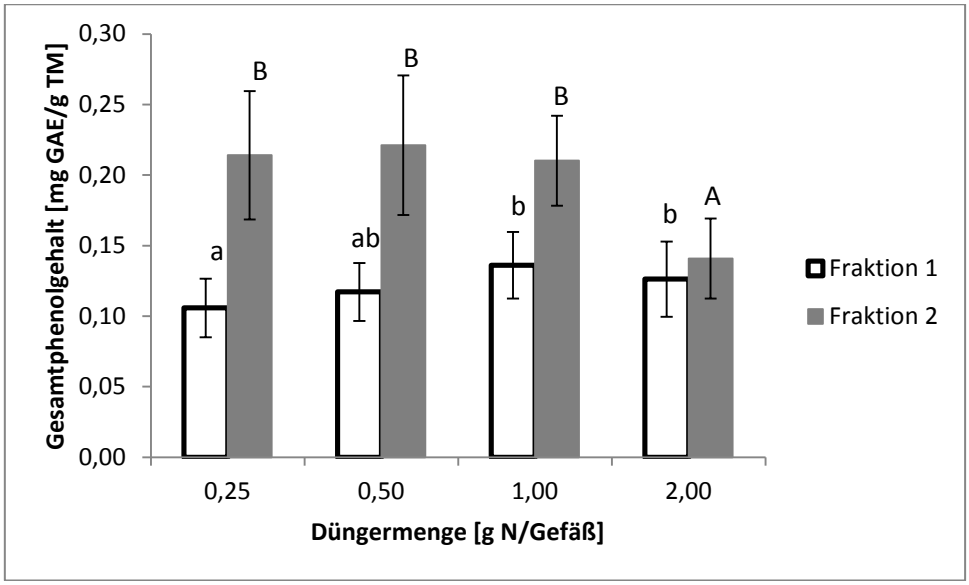


Abb. 1: Gesamtphenolgehalte in Abhängigkeit von der Höhe der N-Düngung. Fraktion 1: freie lösliche, Fraktion 2: veresterte lösliche phenolische Verbindungen. Tukey-Test, $p < 0{,}001$ (modifiziert nach Stumpf et al. 2015)

In Bezug auf die hier betrachteten Entwicklungsstadien sind ebenfalls spezifische Reaktionen der einzelnen Fraktionen zu beobachten. Der Gesamtphenolgehalt der ersten Fraktion erreichte ein Maximum in der späten Milchreife. Für die zweite Fraktion war die gleiche Tendenz erkennbar, aber die Unterschiede zwischen später Milchreife und Teigreife waren nicht signifikant. Die dritte Fraktion erreichte ihr Maximum an Gesamtphenolen bereits in der mittleren Milchreife.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die drei Fraktionen unterschiedlich und zum Teil sogar gegenläufig auf ein erhöhtes N-Angebot reagieren und im Laufe der Kornentwicklung zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihr Maximum an Gesamtphenolen erreichen. Während sich der Gesamtphenolgehalt der dritten Fraktion durch die Höhe der N-Düngung kaum beeinflussen lässt und vermutlich überwiegend genetisch determiniert ist, nimmt er in der ersten Fraktion mit steigendem N-Angebot zu und in der zweiten Fraktion ab. Die Gesamtphenolgehalte sind in der zweiten Fraktion höher als in der ersten, sodass sich eine erhöhte N-Düngung insgesamt negativ auf den Gehalt dieser ernährungsphysiologisch wertvollen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe auswirkt.

Literatur

Stumpf, B., Yan, F. and B. Honermeier 2015: Nitrogen fertilization and maturity influence the phenolic content of wheat grain (*Triticum aestivum)*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 178:118-125

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 67–68 (2015)

A review of yield gap analysis in the context of sustainable intensification of crop production

Til Feike

Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow;
E-Mail: *til.feike@jki.bund.de*

Introduction

Recent research shows that the yield gap, i.e. the gap between the potentially obtainable yields and the actual yields in agricultural practice, continuously increased in Germany over the last decade. The rising yield potential induced by genetic progress is exploited less and less. For Germany yield gaps are estimated for different crops between 23% in wheat and up to 43% in rye (Laidig et al. 2014). Furthermore, it needs to be recognized that despite the continuously increasing CO_2-levels of the atmosphere, which should generally exert a positive effect on yield levels of all crops, the development of a yield plateau emerges for specific major crops in central Europe (Brisson et al. 2010; Fischer et al. 2014; Grassini et al. 2013).

To ensure global long-term food security and satisfy the rising demand for food, feed, bio-based energy and raw materials in Germany, it will be important to reverse the observed negative developments and narrow the widening yield gaps. In fact the existing yield gaps offer a vast and still underutilized potential to increase production, improve farmers' income situation and at the same time reduce the environmental impact of crop production. Therefore the present study provides a review of the state-of-the-art and research demand related to yield gap analysis in the context of sustainable intensification.

State-of-the-Art

So far agronomic research mainly focuses on the pure quantification of yield gaps for specific crops on regional and national level, based on secondary data analysis and modeling studies (e.g. Meng et al. 2013; van Wart et al. 2013). Only very few studies aim at identifying the actual reasons for the current yield gaps (e.g. Liang et al. 2012), and try to demonstrate options to narrow the existing yield gaps (e.g. van Rees et al. 2014). For Germany only spatially unspecific (Laidig et al 2014) or spatially limited estimations on the quantity of yield gaps exists (van Wart et al. 2013).

The yield gap determining factors are on one side of biophysical nature, including nutrient limitation, pest pressure, soil compaction, water stress, or sub-optimal temperatures and solar radiation. On the other side socio-economic factors like limited labor and machinery capacity, as well as insufficient knowledge on optimal crop management determine local yield gaps. The single factors mostly work in combination and limit biomass development, yield level and resource use efficiency over the growing season to varying extent.

Research demand

To exploit the existing potentials and close the yield gaps in practical crop production in an efficient way, strong research efforts are required. Apart from identifying and quantifying yield limiting factors for specific sites, it is of crucial importance to realize a reduction of yield gaps without widening resource use efficiency gaps (van Noordwijk & Brussard 2014). A methodologically meaningful approach includes the application of process based crop models, which allow the simultaneous simulation of soil processes, uptake efficiency and yield formation, and thus realize a cross-scale assessment of yield gap and efficiency gap. As such, economically and ecologically cost-efficient ways to close yield gaps can be demonstrated.

References

Brisson N, Gate P, Gouache D, Charmet G, Oury F-X, Huard F (2010) Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. Field Crops Res. 119:201-212.

Fischer RA, Byerlee D, Edmeades GO (2014) Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? ACIAR 158:634.

Liang WL, Carberry P, Wang GY, Lü RH, Lü HZ, Xia AP (2011) Quantifying the yield gap in wheat–maize cropping systems of the Hebei Plain, China. Field Crops Res 124:180-185.

Laidig F, Piepho H-P, Drobek T, Meyer U (2014) Genetic and non-genetic loing-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends. Theor Appl Genet 127:2599-2617.

Grassini P, Eskridge KM, Cassman KG (2013) Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. Nature Communications 4, Article number: 2918.

Meng Q, Hou P, Wu L, Chen X, Cui Z, Zhang F (2013) Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. Field Crops Res 143(1):91-97.

van Ittersum MK, Cassman KG, Grassini P, Wolf J, Tittonell P, Hochman Z (2013) Yield gap analysis with local to global relevance – A review. Field Crops Res 143(1):4-17.

van Noordwijk M, Brussaard L (2014) Minimizing the ecological footprint of food: closing yield and efficiency gaps simultaneously? Current Opinion in Environmental Sustainability 8:62-70.

van Rees H, McClelland T, Hochman Z, Carberry P, Hunt J, Huth N, Holzworth D (2014) Leading farmers in South East Australia have closed the exploitable wheat yield gap: Prospects for further improvement. Field Crops Res 164:1-11.

van Wart J, Kersebaum KC, Peng S, Milnera M, Cassman KG (2013) Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Res 143(1):34-43.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 69–70 (2015)

Analyse von Aggregierungsmethoden für großskalige Ertragssimulationen

Holger Hoffmann, Gang Zhao, Thomas Gaiser, Frank Ewert

Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Universität Bonn, Bonn.
E-Mail: *hhoffmann@uni-bonn.de*

Einleitung

Für großskalige Ertragssimulationen werden in der Regel räumlich grob aufgelöste Daten als Input für Pflanzenwachstumsmodelle verwendet (Ewert et al. 2015, Zhao et al. 2015). Die Verwendung sogenannter aggregierter Daten für Ertragssimulationen birgt hierbei folgende Unsicherheiten: Es ist unklar, wie stark die verschiedenen Aggregierungsmethoden die Eingangsdaten verändern und inwiefern sich die Methoden hierin unterscheiden. Zudem ist fraglich, wie sich der so entstandene Fehler in den Eingangsdaten anschließend auf den simulierten Ertrag auswirkt. Darüber hinaus können sich so entstandene Fehler im simulierten Ertrag anschließend über die Fläche betrachtet aufheben (Hoffmann et al. 2015). Der verbleibende Bias (= Aggregierungseffekt) im mittleren Ertrag einer Region ist kaum untersucht, kann aber in einzelnen Jahren den mittleren Modellfehler deutlich übersteigen (>1 t/ha). Daher ist eine Abschätzung des Simulationsfehlers auf den drei Betrachtungsebenen Eingangsdaten, Punktsimulation sowie regionale Simulation zwingend notwendig um Fehler in großskaligen Ertragssimulationen zu erfassen. Da für verschiedene Datentypen (z.B. Boden, Klima, Kulturmaßnahmen) unterschiedliche Aggregierungsmethoden verwendet werden und Pflanzenwachstumsmodelle verschieden sensitiv gegenüber Änderungen in diesen Daten sind, müssen Aggregierungseffekte ferner modellbezogen und hinsichtlich Datentyp und Aggregierungsmethoden spezifiziert werden. Ziel der Studie ist daher, die Relevanz grundlegender statistischer Größen für Aggregierungseffekte in Kombination mit der Aggregierungsmethode zu untersuchen.

Material und Methoden

Mithilfe generierter Daten wurden u.a. folgende Variablen untersucht um systematische Aggregierungseffekte der Eingangsdaten für Pflanzenwachstumsmodelle zu identifizieren: Räumliche Ballung (Clusterung), räumliche Varianz / Semivarianz, Mittelwert, Verteilung. Die Daten wurden auf Basis regional hochaufgelöster Klima- und Bodendaten (1 km) sowie Statistiken zu Kulturmaßnahmen und Ertrag generiert. Die generierten Daten wurden durch räumliche Mittelung, Mehrheitsauswahl sowie regelbasiert aggregiert und die Effekte der untersuchten Variablen verglichen. Ferner wurden die Originaldaten aggregiert und entsprechend mit den Ergebnissen der generierten Daten verglichen. Um die Effekte auf Ertragssimulationen abzuschätzen, wurden alle Daten als Eingangsgrößen exemplarisch für elementare Modellfunktionen verwendet und mit Ertragsdaten aus dem Model SIMPLACE<LINTUL2, SLIM> verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen unterschiedliche Aggregierungseffekte hinsichtlich untersuchter Variable, Datentyp, Aggregierungsmethode und Betrachtungsebene. Die Aggregierungseffekte waren teils durch die räumliche Verteilung der Daten

bedingt. Deutliche Unterschiede wurden zwischen den Aggregierungsmethoden und Betrachtungsebenen gefunden. In Bezug auf die Auswahl geeigneter Modelle, stellen die Ergebnisse somit einen ersten Schritt zur Evaluierung großskaliger Ertragssimulationen dar.

Literatur

Ewert F, van Bussel LGJ, Zhao G, Hoffmann H, Gaiser T, Specka X, Nendel C, Kersebaum K-C, Sosa C, Lewan E, Yeluripati J, Kuhnert M, Tao F, Rötter RP, Constantin J, Raynal H, Wallach D, Teixeira E, Grosz B, Bach M, Doro L, Roggero PP, Zhao Z, Wang E, Kiese R, Haas E, Eckersten H, Trombi G, Bindi M, Klein C, Biernath C, Heinlein F, Priesack E, Cammarano D, Asseng S, Elliott J, Glotter M, Basso B, Baigorria GA, Romero CC, Moriondo M., 2015. Uncertainties in Scaling-up Crop Models for Large-Area Climate Change Impact Assessments. In C. Rosenzweig and D. Hillel, editors. Handbook of Climate Change and Agroecosystems: The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP).

Hoffmann H, Zhao G, van Bussel LGJ, Enders A, Specka X, Sosa C, Yeluripati J, Tao F, Constantin J, Raynal H, Teixeira E, Grosz B, Doro L, Zhao Z, Wang E, Nendel C, Kersebaum K-C, Haas E, Kiese R, Klatt S, Eckersten H, Vanuytrecht E, Kuhnert M, Lewan E, Rötter R, Roggero PP, Wallach D, Cammarano D, Asseng S, Krauss G, Siebert S, Gaiser T, Ewert F, 2015. Variability of aggregation effects of climate data on regional yield simulation by crop models. Clim Res (accepted).

Zhao G, Hoffmann H, Van Bussel LGJ, Enders A, Specka X, Sosa C, Yeluripati J, Tao F, Constantin J, Raynal H, Teixeira E, Grosz B, Doro L, Zhao Z, Nendel C, Kiese R, Eckersten H, Haas E, Vanuytrecht E, Wang E, Kuhnert M, Trombi G, Moriondo M, Bindi M, Lewan E, Bach M, Kersebaum K.-C., Rötter R, Roggero PP, Wallach W, Cammarano D, Asseng S, Krauss G, Siebert S, Gaiser T, Ewert F, 2015. Effect of weather data aggregation on regional crop simulation for different crops, production conditions, and response variables. Clim Res (accepted), doi: 10.3354/cr01301.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 71–72 (2015)

ProgKOLI, Praxistest und Anwendung eines Java basierten Simulationsprogramms zur Anbau- und Ernteplanung bei Brokkoli

Karsten Lindemann-Zutz, Magnus Adler, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover, E-Mail: *zutz@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Eine termingenaue Erntereife der Kultur in der geforderten Menge und Qualität ist eine Voraussetzung für einen gesicherten Absatz. Brokkoli stellt die Produzenten vor besondere Schwierigkeiten, da es durch das fakultative Vernalisationsbedürfnis zu starken Abweichungen von den geplanten Ernteterminen kommen kann. Die Folge ist eine zeitweise Überversorgung des Marktes mit starkem Preisverfall. Die Köpfe der Einzelpflanzen eines Anbausatzes erreichen ihr Erntegewicht von 500 g zudem innerhalb einer Zeitspanne (Erntefenster) von einer Woche und mehr, sodass Mehrfachernten erforderlich werden, um jeweils gleiche Kopfgrößen vermarkten zu können. Hierdurch steigen Planungsaufwand und Produktionskosten. Die Festlegung der optimalen Erntestrategie wird durch stark schwankende Marktpreise beeinflusst. Zur Optimierung der Produktion, Planung von Erntegängen und zur Anpassung der Vermarktung an wetterbedingte Schwankungen in der Kulturdauer, ist eine genaue Erntevorhersage erforderlich. Es wird ein in Java umgesetztes Simulationsprogramm zur Anbau- und Ernteplanung bei Brokkoli vorgestellt und mit Daten aus der Anbaupraxis bewertet.

Material und Methoden

Zur Quantifizierung der Temperaturwirkung auf die Kopfanlage und der Streuung in der Kopfanlage erfolgten Klimakammerversuche mit konstanter Tag/Nacht Temperatur (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 und 26 °C). Zur Bestimmung der Dauer bis zur Kopfanlage wurden vollrandomisierte Zeiternten und mikroskopische Untersuchungen der Vegetationskegel durchgeführt. Der Zeitpunkt der Kopfanlage wurde definiert als der Zeitpunkt an dem erste Infloreszenzäste unter dem Binokular (B061, Olympus, Japan) sichtbar wurden. Zur Modellparametrisierung wurde eine logistische Funktion an die kumulative Anzahl der Pflanzen nach erfolgter Kopfanalage innerhalb einer jeden Temperaturstufe angepasst. Aus den geschätzten Funktionsparametern wurden dann Mittelwerte (μ) der Entwicklungsdauer bis zur Kopfanlage (Wendepunkt der logistischen Funktion) und deren Streuung (Standardabweichung (σ) ± 68.2 % um den Wendepunkt) errechnet. Anschließend erfolgte die Errechnung eines Variationskoeffizienten $cv = (\sigma/\mu)*100$ über alle Temperaturstufen hinweg. Die Kehrwerte der errechneten Wendepunkte (mittlere Entwicklungsrate bis zur Kopfanlage) wurden über eine stückweise lineare Regression in Abhängigkeit von der Temperatur in das Modell integriert. Die Abweichung der Pflanzen von dieser mittleren Rate wurde durch Unterteilung des Bestandes in 10 gleich große Klassen und dem ermittelten *cv* erreicht. Die der Klasse entsprechende Abweichung vom Mittelwert wird im Modell ermittelt, indem der *cv* mit der entsprechenden Entwicklungsrate multipliziert wird. Normiert wird dieser Wert durch Multiplikation mit dem Perzentilwert für die Normalverteilungsfunktion der jeweiligen Klasse. Das stochastische Modell wurde in

ein Modell zur Simulation der Trockenmasseproduktion und -verteilung integriert (Basis: Kage and Stützel, 1999). Die Lichtnutzungseffizienz (*LUE*) wird anhand von Globalstrahlungsdaten (*Q*) und die spezifische Blattfläche (*SLA*) anhand von *Q* und dem Pflanzenalter bestimmt (Kage et al. 2001). Die Modellumsetzung erfolgte in Java. Zur Evaluierung standen unabhängige Daten eines Anbauers einer kompletten Vegetationsperiode (Pflanztermine vom 14.03-16.07) zur Verfügung. Diese wurden zur Modellbewertung mit den Ergebnissen der Modellsimulation verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Modellevaluierung zeigte eine hohe Übereinstimmung des simulierten und gemessenen Erntebeginns (R^2 = 0.77; *BIAS* = 1,1 d; *RMSD* = 2,9 d, *RMAE* = 4 %) (Abb.1 A). Die Erntedauer lässt sich durch das Modell schätzen (Abb.1B). Erntebeginn und Ende werden verlässlich simuliert (Abb. 1 B).

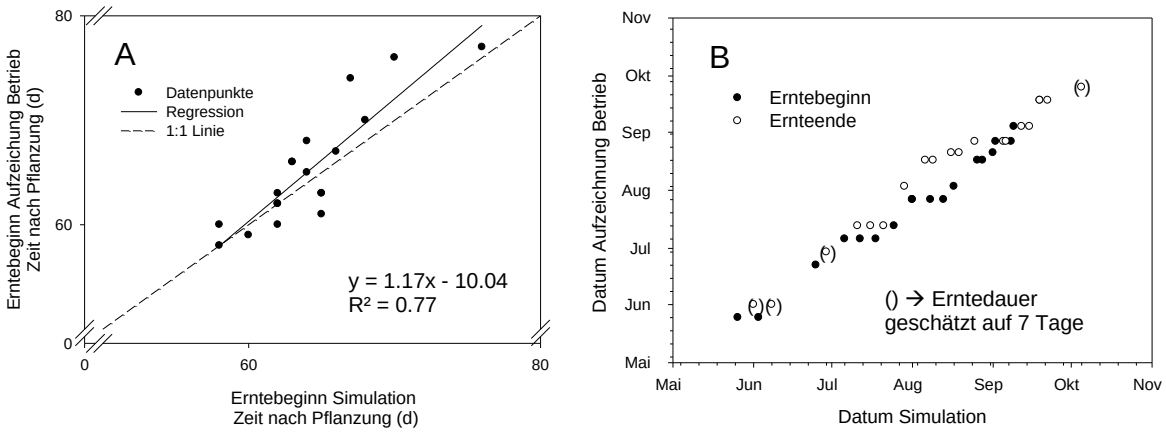


Abb. 1 A): Durch den Betrieb erfasste Dauern (d) nach Pflanzung bis zum Erntebeginn in Relation zu den durch das Modell simulierten Dauern (d) bis zum Start der Ernte. **B**): Durch den Betrieb aufgezeichnetes Datum von Erntebeginn und-ende gegen simuliertes Datum von Erntebeginn und -ende.

Die durch den Betrieb erfassten Ernteprozente (Wochenbasis) wichen zum Teil sehr stark von der Modellsimulation ab. Ursachen sind betrieblich bedingte Auslastungen des Maschinenparks, begrenzte Lagerkapazitäten und Markteinflüsse. Das Programm liefert eine verlässliche Simulation von Kultur- und Erntedauer, somit ist ein Einsatz in der Anbau- und Ernteplanung vielversprechend. Die hier durchgeführten Simulationen basieren auf Wetteraufzeichnungen durch den Betrieb, Unsicherheiten bei der Nutzung von mittelfristigen Wetterprognosen (14 Tage) müssen abschließend bewertet werden.

Gefördert durch das BMBF als Teil von WeGa – Fördernummer 0315542 A.
Umgesetzt mit Unterstützung des Grow Awards 2014, von Landgard und Taspo Stiftung.

Literatur

Kage, H. and Stützel, H., 1999. A simple empirical model for predicting development and dry matter partitioning in cauliflower *(Brassica oleracea* L*. botrytis*). Sci. Hort., 80, 19-38.

Kage, H., Stützel, H. and Alt, C., 2001. Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions. Part II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based modules. Sci. Hort., 87, 171-190.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 73–74 (2015)

Estimating base temperature and phyllochron for leaf appearance in amaranths *(Amaranthus* spp L.)

Mildred Osei-Kwarteng and Hartmut Stützel

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover.
E-Mail: *osei-kwarteng@gem.uni-hannover.de*

Introduction

Plant canopies are determined by leaf size and position. These traits influence light interception and consequently crop productivity (Sinclair *et.al*., 2004). Leaf appearance rate (LAR) is defined as the number of leaves produced per unit of time (Streck *et al.*, 2005). The thermal time interval between the appearance of two successive leaves is termed phyllochron (PHY) (Mcmaster,2005).The accurate estimation of plant temperature responses are inevitable for plant systems models since temperature is the primary determinant of developmental processes including leaf appearance (Yan and Hunt 1999).

The estimation of base temperature (T_b) for leaf appearance is important to determine canopy development. Leaf appearance in many crops has been effectively simulated by a linear model that assumes the rate of leaf development as a function of temperature within a limited range (Streck *et.al*., 2005). In this range, the time required for the development of a certain number of leaves is related to the temperatures above a defined minimum or base temperature, hence the accepted concept of thermal time, growing degree days (GDD, accumulated thermal time) and phyllochron (Yan and Hunt, 1999). Therefore the selection of an appropriate base temperature is critical for the GDD model.

A few reported leaf appearance-base temperatures and phyllochrons for amaranths have been for weedy types under controlled conditions (Gramig and Stoltenberg, 2007; Alm *et al*., 1988).The objective of this study was to determine the base temperature and phyllochrons of four amaranth genotypes at two plant densities under fluctuating field conditions as an input for the development of an architectural model of the genotypes.

Materials and Methods

A field experiment was set up as a randomized complete block design with four replications at the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover (lat. 52°23'N, long. 9°41 E) between August and October 2014. Four-amaranth genotypes (*A. tricolor, A. dubius, A. hypochondriacus* and *A. cruentus*) were planted isometrically at 20 cm (high density; HD) and 30 cm (low density; LD) spacing. Visible leaves were counted twice weekly and the daily mean air temperatures were recorded at a weather station near the institute. Leaf appearance rate (LAR; leaves/day) was estimated as: $(N_{Li}-N_{Li-1})/(T_i-T_{i-1})$ where N_{Li} was leaf number at the ith measurement, N_{Li-1} was leaf number at measurement i-1, T_i was day i and T_{i-1} was the previous day.

A linear regression was performed between LAR and mean air temperature for the measurement period.The *x*-intercept of the linear regression between LAR and mean air temperature was extrapolated as the base temperature. Phyllochron was estimated as the inverse of the slope of the relationship between accumulated numbers of leaves and thermal time (Bartholomew, 2014).

Results and Discussion

The base temperatures T_b for leaf appearance based on the lowest mean square error and high coefficient of determination (R^2) were 12°C for *A. tricolor* and *A. dubius*, 9°C for *A. hypochondriacus* and 11°C for *A. cruentus*. The T_b of 9°C was in the range reported for *A. retroflexus* (8.5°C;Gramig and Stoltenberg, 2007) and *A.hybridus* (9.5°C; Alm *et al*., 1988) under controlled conditions. The linear relationship between the accumulated number of leaves and thermal time for each genotype was very strong (R^2>0.95). *A. hypochondriacus* (HD: 8.79 & LD: 8.41°Cd leaf^{-1}) and *A. dubius* (HD: 8.01 & LD: 10.19 °Cd leaf^{-1}) had lower and similar PHY values whiles *A. tricolor* (HD: 13.32 & LD: 9.69 °Cd leaf^{-1}) and *A. cruentus* (HD: 13.73 & LD: 10.84 °Cd leaf^{-1}) had higher PHY.

With the exception of *A. tricolor* there were no significant differences in PHY for the two densities in the other genotypes. This indicates that the density treatments were not appreciably different to effect an increased phyllochron at higher plant densities (Streck *et a*l., 2014). The high PHY of *A. tricolor* at the HD treatment indicates a reduced LAR which is consistent with the findings of Bos *et al*. (2000) for maize. The findings suggest that leaf area development is faster in *A. hypochondriacus* and *A.dubius*. Also the T_b for leaf appearance will particularly contribute to amaranth models that demand genotype specific leaf appearance-base temperatures as inputs under similar conditions of study.

Literature

Alm, D. M., Pike, D. R., Hesketh, J. D., & Stoller, E. W. (1988). Leaf area development in some crop and weed species. Biotronics 17, 29-39.

Bartholomew, P. (2014). Effect of varying temperature regime on phyllochron in four warm-season pasture grasses. Agricultural Sciences 5,1000-1006.

Bonhomme, R. (2000). Bases and limits to using ‘degree day’ units. European Journal of Agronomy 13,1-10.

Bos, H. J., Vos, J., & Struik, P. C. (2000). Morphological analysis of plant density effects on early leaf area growth in maize. Netherlands Journal of Agricultural Science 48,199-212.

Gramig, G. G., & Stoltenberg, D. E. (2007). Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broadleaf weed species. Weed Technology 21, 249-254.

Mcmaster, G. S. (2005). Phytomers, phyllochron, phenology and temperate cereal development. Journal of Agric. Science (Cambridge) 143,137-150.

Sinclair, T. R., Gilbert, R. A., Perdomo, R. E., Shine Jr., J. M., Powell, G., & Montes,G. (2004). Sugarcane leaf area development under field conditions. Field Crops Research 88, 171-178.

Streck, N. A., Bellé, R. A., da Rocha, E. K., & Schuh, M. (2005). Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Ciência Rural, Santa Maria,1448-1450.

Yan, W., & Hunt, L. A. (1999). An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. Annals of Botany 84,607-614.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 75–76 (2015)

Boden und Bodenbearbeitung: Was messen Forscher und was wissen Landwirte?

Magdalena Werner und Horst-Henning Steinmann

Georg August Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung;
E-Mail: *mwerner6@uni-goettingen.de*

Einleitung

In dem EU-Projekt Catch-C haben Agrarforschungseinrichtungen aus acht Ländern daran gearbeitet, Hemmnisse genauso wie auch fördernde Faktoren bei der Umsetzung bodenschonender Bearbeitungsverfahren aufzudecken. In den beteiligten Ländern wurden dazu Befragungen von Landwirten durchgeführt, um die Sicht der Landwirte dazu zu ermitteln. Für Deutschland wurde unter anderem die pfluglose Bodenbearbeitung auf den leichteren, wenig geneigten Böden Nordwestdeutschlands, als Beispielmaßnahme gewählt. Unter pflugloser Bodenbearbeitung werden hier alle Verfahren zusammengefasst, die den Boden nicht wenden, aber in einer anderen geeigneten Weise bearbeiten. Direktsaatverfahren fallen nicht darunter.

Material und Methoden

Um einen Überblick über die Effekte verschiedener Bodenbearbeitungspraktiken zu erhaltne, wurden zunächst 300 europäische Langzeitfeldversuche ausgewertet. Mittels geeigneter Indikatoren wurde untersucht, welche Auswirkungen das Bodenmanagement langfristig auf das Potential des Bodens hat, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten, die Erträge zu sichern und die Auswirkungen des Klimawandels zu mindern.

Die Studie zur Einstellung der Landwirte gegenüber pflugloser Bodenbearbeitung basiert auf der Theory of planned Behavior (TPB) und wurde mit einem sequenziellen mixed-method Ansatz umgesetzt (vgl. Cresswell and Clark, 2011(Ajzen 1991)). Im ersten Schritt wurden semi-strukturierte Interviews Interviews mit Landwirten durchgeführt, die Grundlage eines quantitativen Fragebogens waren. Die TPB wurde in drei Fragekomplexen zur Einstellung, zum sozialen Umfeld und zu wahrgenommenen Hindernissen und Fördernissen operationalisiert. Betriebe wurden angeschrieben bzw. über Mailverteiler der Beratung angesprochen. Für das nordwestliche Niedersachsen konnten 159 Fragebögen ausgewertet werden. Die Betriebe repräsentieren ein breites Spektrum von Misch-, Ackerbau- und anderen spezialisierten Betrieben. Die Anteile der Bodenbearbeitungsverfahren an der Bestellung des Ackerlandes entsprechen mit 64% Pflug zu 36% pflugloser Bewirtschaftung annähernd dem Bundesdurchschnitt. Durch die Quantifizierung der Antworten auf einer fünfstufigen Skala sowie der Kombination von Häufigkeit und Ausprägung (positiv/negativ) des jeweiligen Effekts konnten die Angaben in eine Werteskala von -10 (=sehr nachteilig und häufig) bis +10 (sehr vorteilhaft und häufig) umgerechnet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Literaturauswertung können aus Platzgründen in diesem Text nicht dargestellt werden. Unter www.catch-c.eu finden sich die entsprechenden Informationen. Abb 1. zeigt die Einstellungen (Attitudes) der Landwirte. Die Länge

der Balken gibt an, wie gut/schlecht und wie häufig aus Sicht der Befragten die Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung sind. Je seltener ein Effekt auftritt und je weniger stark negativ oder positiv seine Auswirkungen eingeschätzt werden, umso näher ist er zur Nulllinie gerückt. Vieles in dieser Abbildung entspricht den Erwartungen. So werden die Arbeitszeitersparnis, Erosionsschutz und Vorteile für Bodenleben und Struktur als deutlichste positive Auswirkung wahrgenommen. Verunkrautung, damit einher gehender Herbizidbedarf sowie schlechte Auflaufbedingungen werden als Nachteile bzw. Hemmnisse bei der Umsetzung angesehen. Auf der Seite der Vorteile stehen neben technischen Aspekten vorwiegend Bodeneigenschaften, bzw. Wirkungen auf den Boden, während auf der Seite der Nachteile überwiegend pflanzliche bzw. pflanzenbauliche Punkte genannt werden.
Hemmnisse bei der weiteren Ausdehnung pflugloser Verfahren scheinen auf grundlegenden Einstellungen zu pflanzenbaulichen und strukturellen Aspekten zu beruhen. Das Management der Unkräuter bleibt das zentrale Thema, das nach wie vor einen entsprechenden Herbizideinsatz nach sich zieht. Viele Landwirte sind auch der Meinung, dass die vorhandene Mechanisierung nicht optimal zur pfluglosen Bearbeitung passt.

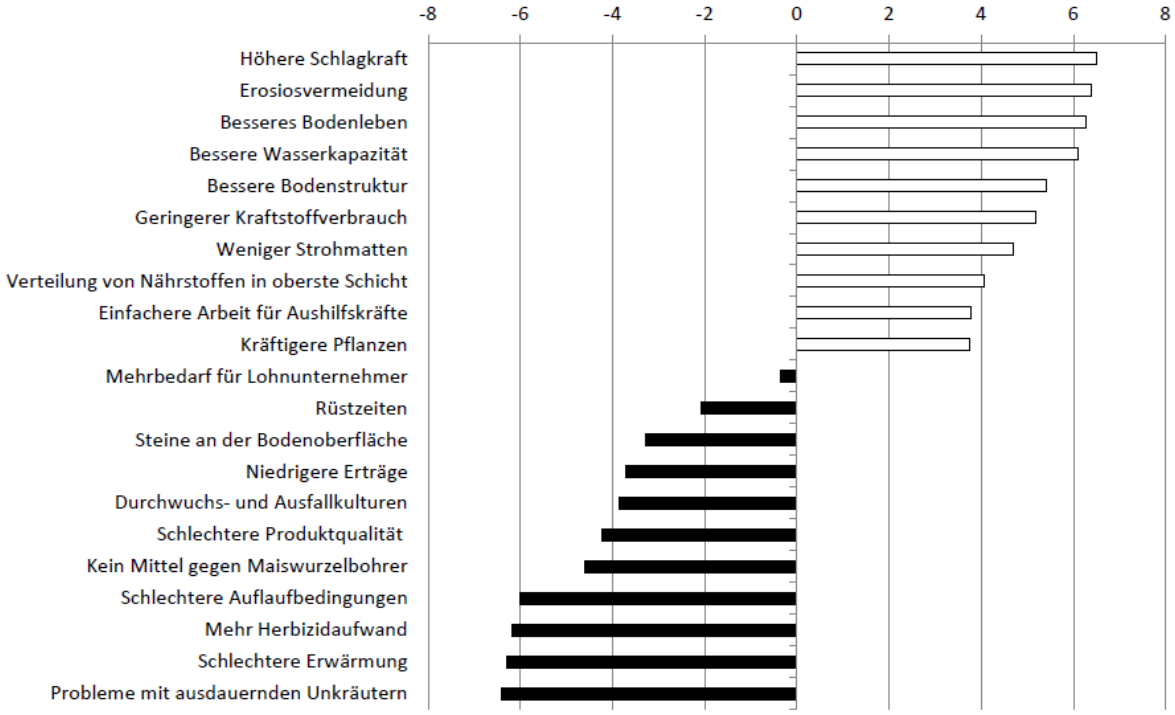


Abb. 1: Einstellung von nordwestdeutschen Landwirten zur pfluglosen Bodenbearbeitung (n = 159). Weiße Balken: Fördernde Faktoren, schwarze Balken: Hemmnisse.

Literatur

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50: 179-211.
Creswell J.W., Clark, V.L.P. (2007). Designing and conducting mixed methods research. SAGE publications.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 77–78 (2015)

Variabilität des Mikroklimas im Einflussbereich der Gehölzstreifen eines Agroforstsystems

Michael Kanzler, Christian Böhm, Jaconette Mirck 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

Neben der parallelen Produktion von Agrarholz und Feldfrüchten kann die Agroforstwirtschaft als multifunktionales Landnutzungssystem zu einer ökologischen Aufwertung landwirtschaftlicher Nutzflächen führen. So können Bäume in Agroforstsystemen beispielsweise als Rückzugs- oder Brutgebiet fungieren, durch das jährlich anfallende Blattstreu eine zusätzliche Nährstoffquelle für angrenzende Ackerkulturen bereitstellen, oder die Grundwasserqualität durch Filterung des Sickerwassers entscheidend verbessern. Neben diesen bekannteren Ökosystemdienstleistungen sind Bäume in Abhängigkeit verschiedener Parameter, wie z.B. der Wuchshöhe, der Pflanzdichte und -richtung prinzipiell in der Lage einen erheblichen Einfluss auf das Mikroklima auszuüben. Mit der Zielsetzung die potentielle Einflussnahme von Agrarholz auf das Mikroklima zu untersuchen, erfolgte im Rahmen des Projektes AgroForstEnergie die kontinuierliche Erhebung von Klimadaten auf einem Agroforstversuchsstandort in Süd-Brandenburg.

Material und Methoden

Die folgenden Untersuchungen wurden auf einer etwa 40 ha großen Agroforstfläche nahe der Stadt Forst (Lausitz) durchgeführt. Seit dem Frühjahr 2010 erfolgte die Installation von insgesamt 4 Klimastationen und 3 Anemometer mittig auf verschiedenen Ackerstreifenbreiten (24,48 und 96 m), jeweils begrenzt durch ca. 10 m breite in Nord-Süd-Richtung gepflanzte Gehölzstreifen aus Pappeln (Populus nigra x P. maximowiczii) und Robinien (*Robinia pseudoacacia* L.), sowie auf einem agrarholzfreien Referenzschlag. Drei der Klimastationen wurden zudem in unterschiedlicher Entfernung (3 bis 48 m) zum leeseitigen Gehölzstreifen eines 96 m breiten Ackerstreifens angeordnet. Neben der Windgeschwindigkeit wurden auch die Globalstrahlung, die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und die Windrichtung ermittelt. Mit Ausnahme der Windrichtung, die in 2 m über Geländeoberfläche (GOF) bestimmt wurde, erfolgte die Messung der Klimaparameter jeweils in 1 m über GOF sowie in einem Aufzeichnungsintervall von 10 Minuten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Windgeschwindigkeit auf den Ackerstreifen des Agroforstsystems wurde maßgeblich von der Entfernung zu den in Nord-Süd-Richtung angelegten Agrarholzstreifen beeinflusst. Im Untersuchungsjahr 2014 wurde die stärkste windreduzierende Wirkung mit über 57 % (Tagesmittelwerte) gegenüber der baumfreien Referenzfläche im Zentrum des 24 m breiten Ackerstreifens festgestellt, in der Mitte des 96 m breiten Ackerstreifens ergaben sich hingegen nur etwa 15 %. Tendenziell war die Windschutzwirkung in den Sommermonaten stärker ausgeprägt als in den Wintermonaten und erhöhte sich mit sinkendem Abstand zum leeseitigen

Gehölzstreifen. So betrug die mittlere Windgeschwindigkeitsreduktion im Zeitraum von Juni bis August 2014 bei einem Abstand von etwa 3 m zum Agrarholzstreifen (Lee) gegenüber der Referenzfläche mehr als 63 % (Abbildung 1). Bei einem Abstand von 20 und 48 m fiel diese indes mit 31 bzw. 10 % erheblich geringer aus.

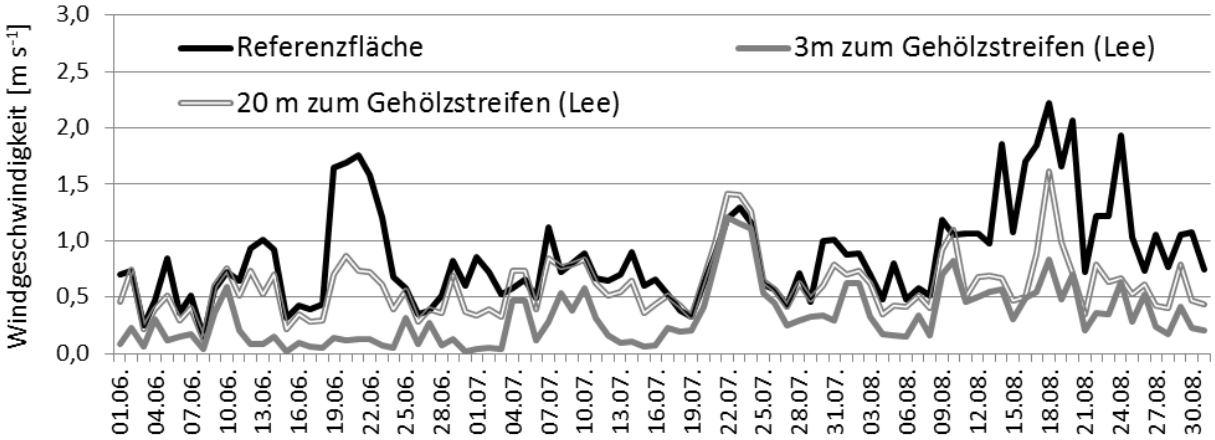


Abbildung 2: Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit gemessen auf einem 96m breiten Ackersteifen in 3 und 20 m Abstand zum leeseitigen Gehölzstreifen sowie auf der agrarholzfreien Referenzfläche (Juni – August 2014).

Im Leebereich der Agrarholzstreifen konnte ferner ein deutlicher Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit beobachtet werden. Bezogen auf die Referenzfläche fiel diese in 3 m Entfernung im Mittel um mehr als 6 % höher aus (Abbildung 2), verringerte sich aber in 20 und 48 m Entfernung auf ca. 2 bzw. 1 %.

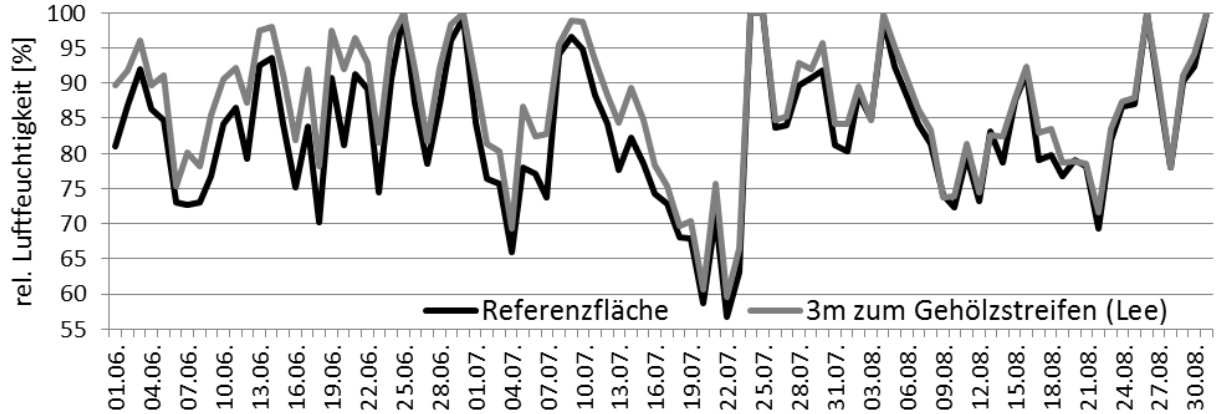


Abbildung 3: Tagesmittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit gemessen auf einem 96 m breiten Ackerstreifen in 3 m Abstand zum leeseitigen Gehölzstreifen sowie auf der agrarholzfreien Referenzfläche (Juni – August 2014).

In den Randzonen der Ackerstreifen wurde zudem eine signifikante Verringerung der Globalstrahlung durch die zunehmende Beschattung der wachsenden Bäume festgestellt. Im Untersuchungszeitraum konnten jedoch keine wesentlichen Auswirkungen des Schattenwurfs auf die Ertragsleistung der angebauten Ackerkulturen nachgewiesen werden. Da die Erträge im Übergangsbereich stellenweise sogar höher als auf der Ackerstreifenmitte ausfielen, liegt die Vermutung nahe, dass die Ackerkulturen in den heißen Sommermonaten von der Absenkung der Temperaturmaxima sowie einer geringeren Evapotranspirationsrate profitierten.

Danksagung
Die Autoren danken dem BMEL für die Finanzierung des Forschungsprojektes AgroForstEnergie II (FKZ: 22000312) sowie der Vattenfall Europe New Energie Group für Ihre finanzielle Unterstützung.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 79–80 (2015)

Strukturelle Vielfalt und Produktivität in Agroforstsystemen

Justine Lamerre, Kai-Uwe Schwarz, Maren Langhof und Jörg-Michael Greef

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig.
E-Mail: *justine.lamerre@jki.bund.de*

Einleitung

Ein Alley-Cropping-System (ACS) ist eine besondere Form des Agroforstsystems, in dem Bäume und Ackerkulturen streifenförmig nebeneinander angebaut werden. Es bietet die Möglichkeit Bioenergie auf landwirtschaftlichen Flächen anzubauen, ohne die Nahrungs- und Futtermittelproduktion komplett auszuschließen (Grünewald and Reeg 2009). Außerdem fördert es die Biodiversität durch eine Erhöhung der strukturellen Vielfalt (Tsonkova et al. 2012). Allerdings ändern sich durch die Etablierung eines solches Agroforstsystems die Rahmenbedingungen für die Produktivität auf der Fläche. Die Wirkungen dieser Veränderungen auf die Erträge der Einzelkulturen des Systems wurden am Julius Kühn-Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde untersucht.

Material und Methoden

In der Nähe von Braunschweig (Wendhausen, Niedersachsen) wurde ein ACS mit schnellwachsenden Pappeln im Kurzumtrieb und annuellen Ackerkulturen mit dreigliedriger Fruchtfolge (Winterraps, Winterweizen und Wintergerste) angelegt (siehe Fig. 1). Die Baumstreifen wurden in einem 3- und 6-jährigen Erntezyklus geerntet (3-jährige Ernte in 2011, 2014; 6-jährige Ernte in 2014). Außerdem wurden zwei verschiedene Ackerbreiten als vielfache Zahl der Maschinebreite gewählt (48 und 96 m). Für beide Komponenten des Systems wurde eine zusätzliche Reinkultur (Referenzfläche) als Vergleich angebaut.

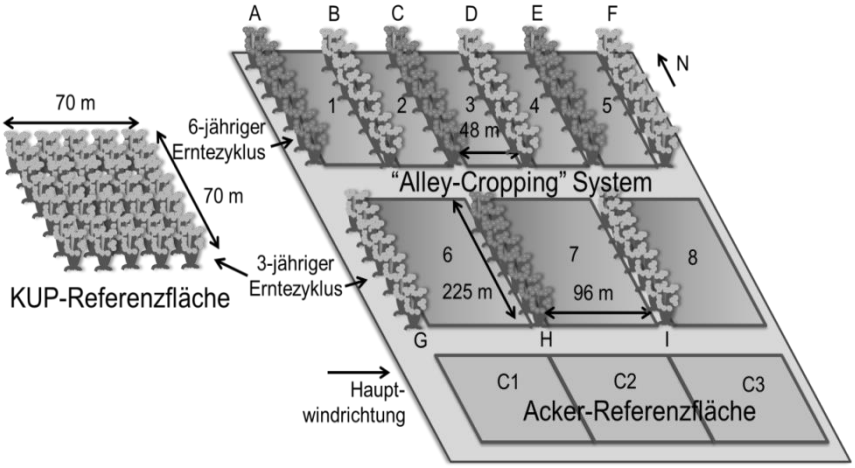


Fig 1. *Schematische Darstellung des ACSs in Wendhausen mit Baumstreifen mit 3- (hell grau) bzw. 6-jährigem Erntezyklus (dunkel grau), 2 Ackerstreifenbreiten (48 m und 96 m) sowie den Referenzflächen für Acker- und Baumstreifen (KUP: Kurzumtriebsplantage)*

Die Biomasseproduktion der Außen und Innenreihen der Baumstreifen wurde mittels Brusthöhendurchmesser und allometrischer Funktion geschätzt. Erträge und Kornfeuchtigkeit der Ackerfrüchte wurden jedes Jahr vom Mähdrescher direkt während der Ernte aufgenommen und im Verhältnis zur Entfernung vom Baumstreifen analysiert. Getreidepflanzen wurden zusätzlich in verschiedenen Entfernungen vom Baumstreifen beprobt, auf die windgeschützte Seite (Leeseite) und die windzugewandte Seite (Luvseite). Daraus wurden pro m^2 Korngewicht und Tausendkorngewicht erfasst und die Ähren gezählt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Randreihen der Baumstreifen zeigten höhere Wachstumsraten als die mittleren Reihen. Biomasseerträge variierten von 8 t ha^{-1} $Jahr^{-1}$ (mittlere Reihen) bis zu 16 t ha^{-1} $Jahr^{-1}$ (Leereihen). Diese Effekte kamen vor allem durch ein erhöhtes Licht- und Standraumangebot zustande. Beide Erntezyklen zeigten ähnliche jährliche Erträge aber unterschiedliche Baumstrukturen: mehr Triebe (buschiger Wuchs) bei der 2. Ernte bei 3-jähriger Rotation, während bei der 6-jährigen Rotation (erste Ernte) die Baumstruktur in der Regel in Stamm und Seitenäste gegliedert war (Lamerre et al. 2015). Der Ertrag des Getreides auf den Ackerstreifen wurde in den Randbereichen zu den Baumstreifen reduziert, hauptsächlich durch die Verringerung der Ährenzahl pro m^2. Zum Beispiel betrug der Unterschied in den schmalen Winterweizenstreifen in 2013 zwischen Ackerrand und Ackermitte 20 dt ha^{-1}. Dieser Effekt ist besonders auf die hohe Laubbedeckung des Ackerrands während des Auflaufens des Getreides zurückzuführen, da der Laubfall nach der Aussaat beginnt. Der Effekt der Laubbedeckung reichte bis ca. 10 m in das Feld hinein und war hauptsächlich auf der Leeseite zu beobachten. Durch die Nord-Süd Ausrichtung der Baumstreifen wurde der Schatten vormittags auf die Luvseite und nachmittags auf die Leeseite geworfen. Dies spielte ebenfalls eine wichtige Rolle, indem sich die normale phänologische Entwicklung der Pflanzen in den Schattenbereichen verzögerte. Die Pflanzen blieben dort kleiner und entwickelten Körner mit geringerem Tausendkorngewicht als in der Mitte des Feldes. In 2014 nach der Ernte aller Baumstreifen wurden kaum noch Effekte auf den Winterweizen beobachtet. Es konnte kein deutlicher Effekt der Ackerbreite auf den Gesamtertrag der Parzelle festgestellt werden. Allerdings wurde für den Weizen etwas mehr Biomasse über die Jahre in dem Alley-Cropping-System (Acker+Bäume) als auf der Ackerreferenzfläche produziert.

Diese Ergebnisse bilden die Grundlage, zukünftig die Gestaltung und Effizienz eines Agroforstsystems weiter zu optimieren. So könnte die Breite bzw. die Anzahl der inneren Reihen eines Baumstreifens reduziert werden zugunsten des Anteils der Randreihen mit deutlich höherer Produktivität. Gleichzeitig sollte die Ackerstreifenbreite in einem ausgewogenen Verhältnis zur Gesamtagroforstfläche stehen, um einerseits den Anteil der Randzonen mit geringerer Produktivität der annuellen Kulturen zu begrenzen, und um andererseits genügend Strukturvielfalt für die Biodiversität zu gewährleisten. Durch den Erntezyklus der Energieholzstreifen wird auch die Höhe der Bäume und so die Größe des Einflussbereichs gesteuert. Allerdings Qualitätsmerkmale des Holzes im kürzeren Erntezyklus sollten untersucht werden (mehr Asche durch mehr Rindenanteil).

Literatur

Grünewald H, Reeg T (2009) Überblick über den Stand der Forschung zu Agroforstsystemen in Deutschland. In: Reeg T, Bemmann A, Konold W, et al. (eds) Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtsch. Flächen. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp 233–288

Lamerre J, Schwarz K-U, Langhof M, et al. (2015) Productivity of poplar short rotation coppice in an alley-cropping agroforestry system. Agrofor Syst. doi: 10.1007/s10457-015-9825-7

Tsonkova P, Böhm C, Quinkenstein A, Freese D (2012) Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: A review. Agrofor Syst 85:133–152. doi: 10.1007/s10457-012-9494-8

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 81–82 (2015)

Die Rolle verschiedener Energiegehölzarten für funktionale Biodiversität in Kurzumtriebs-Agroforstsystemen

Daniel Masur[1], Manuela Bärwolff[2], Linda Jung[2] und Jens Dauber[1]

[1]Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig; [2]Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena. E-Mail: *daniel.masur@ti.bund.de*

Einleitung

Agroforstsysteme generell und auch Kurzumtriebs-Energieholzsysteme werden hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Biodiversität in Agrarlandschaften, insbesondere in durch Ackerbau geprägten Gebieten mit geringer Habitat-Heterogenität, zumeist positiv bewertet (z.B. Schulz et al. 2009, Baum et al. 2012). Ein wesentlicher Faktor, der die Flora und Fauna beeinflusst, ist dabei die Wahl der angepflanzten Baumarten und der damit verbundenen Unterschiede in der Strukturierung der Agrarholzanlagen (Baum et al. 2009, Gruß & Schulz 2011). Allerdings ist gerade diesbezüglich die Datengrundlage noch immer recht dürftig. Um unser Wissen zur Bedeutung des Anbaus unterschiedlicher Baumarten zu erweitern, haben wir die funktionale epigäische Fauna in verschiedenen autochtonen Energiegehölzen (Birke, Esche, Pappel und Weide) in einem Kurzumtriebs-Agroforstsystem in streifenförmigen Anbau erfasst und miteinander verglichen.

Material und Methoden

Auf dem 51 ha großen Versuchsstandort „Agroforstsystem Dornburg“, am Südostrand des Thüringer Beckens gelegen (Standortbeschreibung: http://www.agroforstenergie.de/de/standorte/versuchsstandort-dornburg.php), wurden in den Energieholzstreifen jeweils vier 10 m x 12 m Parzellen der Energiegehölzarten Birke (*Betula pendula*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) sowie der Energieholzklone Pappel (Klonmischung “Max 1, 3, 4” (*Populus maximowiczii x P. nigra*)) und Weide (Klon „Tora“ (*Salix schwerinii x S. viminalis*)) beprobt. Zwei der Parzellen hatten eine Umtriebszeit von 4 Jahren und zwei von 8 Jahren. In jeder der Parzellen standen 3 Bodenfallen. Die bislang ausgewerteten Fallen waren im September, Oktober und November 2012 und im Mai 2013 für jeweils 5 Tage fängig gestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten mittleren Gesamtindividuenzahlen pro Falle wurden in den Parzellen der Esche und Weide gefunden, gefolgt von der Birke (Tabelle 1). Deutlich die wenigsten Individuen wurden in den Pappeln erfasst (Tabelle 1). Die funktionale Gruppe der Prädatoren zeigte eine entsprechende Verteilung. Die einzelnen Vertreter dieser Gruppe wiesen allerdings deutliche Unterschiede in ihrer Aktivität zwischen den verschiedenen Energiegehölzarten auf (Tabelle 1): Während die Laufkäfer und die Spinnen die höchsten Individuenzahlen in den Eschenparzellen hatten, zeigte sich bei den Weberknechten eine klare Präferenz für die Weide. Bei den Kurzflügelkäfern hingegen konnte kein Einfluss der Energiegehölzarten auf die Aktivitätsdichte festgestellt werden.

Die Umtriebszeit der Energieholzstreifen hatte keinen sichtbaren Effekt auf die Aktivitätsdichte aller erfassten Arthropoden. Für Laufkäfer und Weberknechte deutet

sich jedoch an, dass eine längere Umtriebszeit bessere Konditionen bot, wohingegen Kurzflügelkäfer kürzere Umtriebszeiten zu bevorzugen schienen.

Tabelle 1: Mittlere Anzahl der Individuen einzelner Taxa pro Falle für die verschiedenen Energiegehölzarten. [Ind./Falle +/- SE]

Taxon	Birke	Esche	Pappel	Weide
Arthropoda gesamt	58,56 +/- 6,08	71,28 +/- 6,49	45,04 +/- 5,00	70,72 +/- 4,82
Prädatoren gesamt	21,8 +/- 1,90	31,62 +/- 3,79	15,94 +/- 1,22	29,26 +/- 2,13
Spinnen	8,94 +/- 1,25	16,26 +/- 2,85	5,71 +/- 0,53	10,21 +/- 1,14
Laufkäfer	4,98 +/- 1,08	6,62 +/- 1,45	2,63 +/- 0,45	5,4 +/- 1,16
Weberknechte	2,73 +/- 0,65	3,74 +/- 1,29	2,06 +/- 0,40	6,74 +/- 1,38
Kurzflügelkäfer	5,06 +/- 0,76	4,96 +/- 0,76	5,5 +/- 0,85	5,57 +/- 0,72

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten Pappelklone die geringsten Aktivitätsdichten an Arthropoden aufweisen. Weiden und Eschen hingegen werden anscheinend von einem Großteil der untersuchten Taxa präferiert. Vermutlich bieten die Pappeln im Vergleich zu den anderen Gehölzarten, durch eine vergleichsweise homogene Struktur und einen stark reduzierten Unterwuchs, sowie das daraus resultierende Mikroklima, relativ ungünstige Bedingungen für einen Großteil der epigäischen Arthropoden. Pappeln und Weiden erbrachten jedoch vergleichbare Holzerträge, welche wiederum im Vergleich zu den Birken und Eschen deutlich höher ausfielen. Birken und Eschen zeigten auch einen deutlich geringeren Wiederaustrieb nach der Ernte, woraus ein höherer Lichteinfall und damit stärkerer Unterwuchs im Bestand resultierte. Diese Faktoren können einen deutlichen Einfluss auf die Zusammensetzung und die Aktivität der Arthropoden haben (Dauber et al. 2015).
Für eine abschließende Bewertung hinsichtlich der Bedeutung unterschiedlicher Energiegehölzarten für die funktionale Biodiversität müssen aber die gefangenen Individuen noch möglichst auf Artniveau bestimmt werden. Erst dies ermöglicht eine differenziertere Beurteilung der Gehölzarten im Agroforstsystem im Hinblick auf die Erbringung von Ökosystemfunktionen und -leistungen.

Literatur

Baum S, Bolte A, Weih M (2012) High value of short rotation coppice plantations for phytodiversity in rural landscapes. GCB Bioenergy 4: 728-738.

Baum S, Weih M, Busch G, Kroiher F, Bolte A (2009) The impact of short rotation coppice plantations on phytodiversity. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59: 163-170.

Dauber J, Cass S, Gabriel D, Harte K, Aström S, O'Rourke E, Stout JC (2015) Yield-biodiversity trade-off in patchy fields of *Miscanthus x giganteus*. GCB Bioenergy 7, 455-467.

Gruß H, Schulz U (2011) Brutvogelfauna auf Kurzumtriebsplantagen - Besiedlung und Habitateignung verschiedener Strukturtypen. Naturschutz und Landschaftsplanung 43: 197-204.

Schulz U, Brauner O, Gruß H (2009) Animal diversity on short rotation coppices – a review. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59: 171-182.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 83–84 (2015)

Effekte agroforstlicher Wirtschaftsweisen auf die Grundwasserqualität von Ackerstandorten

Christian Böhm, Michael Kanzler, Jaconette Mirck 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

Die Agrarwirtschaft zählt zu den bedeutendsten Verursachern von Kontaminationen des Grundwassers. Landwirtschaftliche Bewirtschaftungskonzepte, die zu einer Reduzierung des Stoffeintrages in das Grundwasser und damit zu einer Verringerung der Grundwasserbelastung beitragen, sind notwendig, um Qualitätsstandards u.a. für die Trinkwassergewinnung langfristig gewährleisten zu können und hohe Aufbereitungskosten zu vermeiden. Ziel der hier vorgestellten Studie war es zu untersuchen, inwieweit Agroforstwirtschaft, also der kombinierte Anbau von Ackerkulturen und Gehölzen, positive Effekte auf die Grundwasserqualität hat.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten auf einem ca. 40 ha großen Ackerschlag nahe Forst (Lausitz). Das hierauf befindliche Agroforstsystem wurde 2010 etabliert. Es besteht aus ca. 10 m breiten, vierreihigen Baumstreifen aus Pappel (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Die zwischen den Baumstreifen befindlichen Ackerstreifen weisen eine Breite von 24, 48 oder 96 m auf. Die Fläche wird seit mehreren Jahrzehnten konventionell ackerbaulich bewirtschaftet. Während des vorgestellten Beprobungszeitraumes wurden Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) und Winterweizen (*Triticum aestivum*) angebaut. Im Oberboden herrschen schwach lehmige Sande, im Unterboden reine Sande und Kiese vor; teilweise treten auch lehmige Bereiche auf. Der Hauptbodentyp ist eine Gley-Vega; stellenweise liegt eine Pseudogley-Vega vor. Der Grundwasserstand variiert im Jahresverlauf zwischen 1 und 2,5 m unter Flur. Die Beprobung des Grund- und Sickerwassers erfolgte 14-tägig direkt in Grundwasserpegeln bzw. mit Hilfe von Saugkerzen (kontinuierlicher Unterdruck, 5 Stück je Anlage, Tiefe ca. 1 m unter Flur), die jeweils in der Mitte der Gehölz- und Ackerstreifen eingebaut wurden. Ein weiterer Pegel wurde auf einem als Referenzfläche dienenden, analog bewirtschafteten, benachbarten Ackerschlag ohne Agroforst installiert und beprobt. Die Wasserproben wurden nach Messung des pH-Wertes gefiltert (< 0,45 µm) und mittels ICP-OES-Spektrometer (Kalium) und Fließ-Injektions-Analysator (Nitrat-Stickstoff) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Der pH-Wert des Sickerwassers war unter den Baumstreifen im Mittel ca. 2 pH-Einheiten höher als unter Ackernutzung. Vergleichbare Werte wurden während des Untersuchungszeitraumes lediglich Anfang 2013 gemessen (Abb. 1a). Ursächlich hierfür sind vermutlich vor allem düngungsbedingte Versauerungsprozesse. Erhebliche Differenzen zwischen Gehölz- und Ackerstreifen traten auch bezüglich der Nitrat-N-Konzentration des Sickerwassers auf (Abb. 1b). Diese bewirtschaftungsbedingten Unterschiede spiegelten sich auch im Grundwasser wider, wobei die Nitrat-N-Werte hier allgemein niedriger als im Sickerwasser waren (Abb. 1c). Bemerkenswerte Nitrat-N-Unterschiede zwischen den Ackerstreifen des

Agroforstsystems und der Referenzfläche wurden nicht beobachtet. Lediglich im schmalen 24 m breiten Ackerstreifen wurden während der Sommer- und Frühherbstmonate deutlich niedrigere Werte ermittelt (Abb. 1c). die Konzentration an Kalium (K) war unter den Gehölzstreifen ebenfalls deutlich geringer als unter den Ackerstreifen (Abb. 1d). Die K-Auswaschung könnte hier u.a. durch die höhere Azidität des Sickerwassers begünstigt worden sein. Auch die Kalkung des Oberbodens kann aufgrund der verstärkten Sorption von Kalzium zu einer Verdrängung und damit Freisetzung von Kalium führen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Agroforstsystemen auch in verhältnismäßig kleinen Gehölzarealen der Stoffaustrag deutlich geringer als auf den konventionell bewirtschafteten Ackerbereichen ist. Vor diesem Hintergrund könnte durch eine flächenspezifische Anordnung von Gehölzarealen (z.B. an Grabenrändern o.ä.) auch der unter- und oberirdische Austrag in angrenzende Flächen und Gewässer verringert werden. Inwieweit die Gehölzstreifen auch auf der Anbaufläche selbst als Filter fungieren können, ist in weiteren Untersuchungen zu klären.

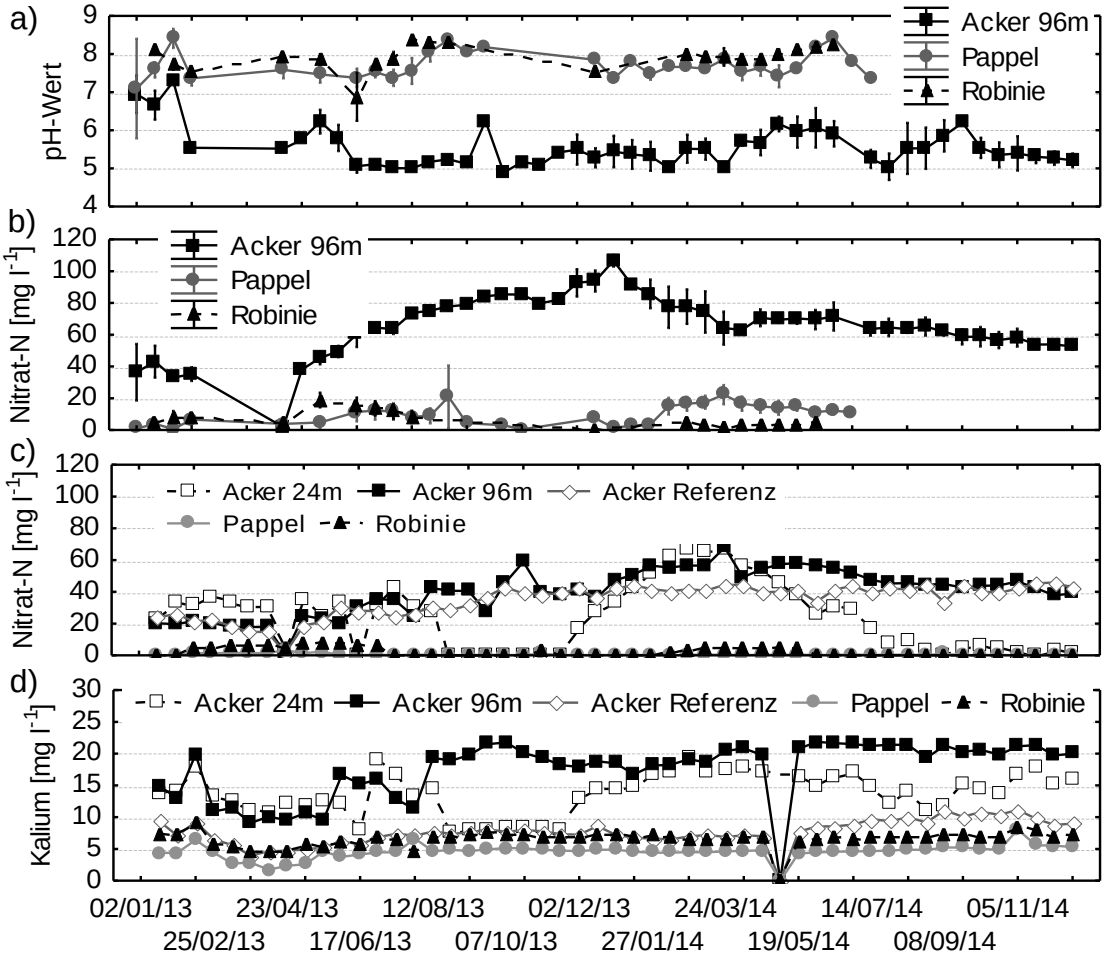


Abb. 1: a) pH-Wert und **b)** Nitrat-N-Konzentrationen im Sickerwasser sowie **c)** Nitrat-N- und **d)** Kaliumkonzentrationen im Grundwasser eines Agroforststandortes in Südbrandenburg während der Jahre 2013 und 2014 (Fehlerbalken = Standardfehler)

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/

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 85–86 (2015)

Weniger Wasser für den Silomais – Auswirkungen des Klimawandels auf die Silomaisproduktion in Norddeutschland

Nikolai Svoboda und Johannes Hufnagel

Institut für Landnutzungssysteme, Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, E-Mail: *nikolai.svoboda@zalf.de*

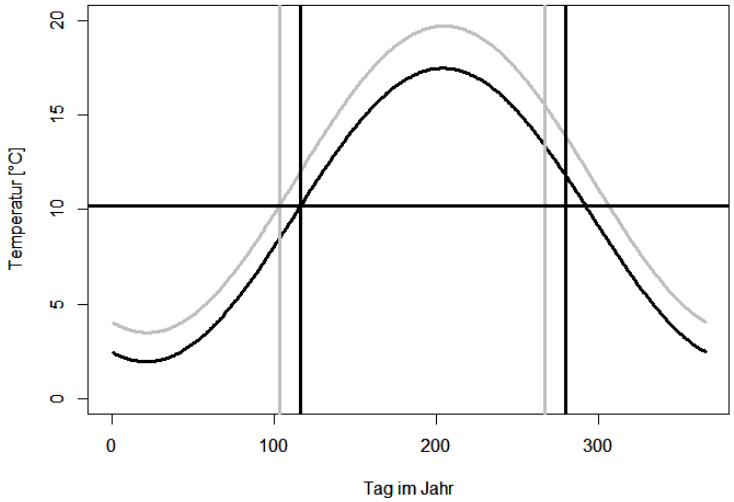
Einleitung

In der Norddeutschen Tiefebene werden aufgrund des Klimawandels steigende Temperaturen und eine Verschiebung der Niederschläge in Richtung Winter erwartet. Hieraus ergibt sich die Hypothese, dass die Niederschlagsmenge, die der Silomaisproduktion zur Verfügung steht, abnimmt.

Material und Methoden

Um dies zu überprüfen, haben wir zwei kontrastierende Modellregionen (West: Diepholz (DH), Ost: Oder-Spree (OS)) in der Norddeutschen Tiefebene untersucht. Wir vergleichen zwei Zeitscheiben (ZS1= 1991 bis 2010 und ZS2= 2051 bis 2070).
Wir haben in den Regionen 5 Ertragsklassen (EK) auf Grundlage der Ackerzahl ausgewiesen. Grundwasserbeeinflusste Böden haben wir nicht berücksichtigt. Für DH sind 110 mm bis 175 mm nutzbare Feldkapazität (nFK) und für OS sind 116 mm bis 119 mm nFK typisch.
Die Silomaiserträge liegen heute bei 15,1 bis 16,5 t TM ha^{-1} in DH und 95,0 bis 101,0 t TM ha^{-1} in OS. Zusätzlich haben wir langjährige, phänologische Daten ausgewertet und für die erste Zeitscheibe den Ernte- und Aussaattag im Jahr und die Wachstumszeit als Differenz von Ernte und Aussaattag (DH: 117, 280, 163; OS: 119, 262, 143) von Silomais berechnet (Abb. 1). In einem zweiten Schritt haben wir die durchschnittliche Niederschlagsmenge (korrigiert nach Richter, 1995) berechnet, die während dieser Wachstumszeit in den Regionen fällt. Die zukünftige Klimaentwicklung haben wir anhand von Prognosen (RCP 8.5, ECHAM 6, STARS, ZS2) abgeschätzt.

Abb.1.: Modellregion Diepholz: Temperaturverlauf ZS1 (schwarz) und ZS2 (grau). Die vertikalen Linien sind Aussaat- (links) und Erntedatum (rechts) von Silomais in der ZS1 (schwarz) und SZ2 (grau). Die horizontale Linie repräsentiert die durchschnittliche Temperatur zum Aussaatzeitpunkt (10,2 °C).



Unter der Annahme, dass der Silomais auch in der Zukunft wenig frosttolerant ist, und die durchschnittliche Temperatur zum Aussaatzeitpunkt mit der heutigen vergleichbar ist, haben wir den Aussaatzeitpunkt (Überschreiten einer durchschnittlichen Temperatur von 10,2°C (DH) und 11,2°C (OS)) der Zukunft berechnet

(Abb.1). Weiterhin gehen wir für unsere Berechnungen davon aus, dass die Wachstumsdauer unverändert bleibt. Anhand der so ermittelten Zeitpunkte konnten wir die zukünftige Niederschlagsmenge ermitteln, die während der Wachstumszeit fällt. Zusätzlich zu den Niederschlägen steht den Pflanzen zu Wachstumsbeginn die gesamte nFK zur Verfügung. Aus der nFK und den berechneten Niederschlägen haben wir das Wasserangebot berechnet. Dem steht der Wasserbedarf gegenüber, welcher sich aus den regionsspezifischen Trockenmasseerträgen und einem als konstant angenommenen Transpirationskoeffizienten (191 l kg TS^{-1}, Roth et al., 2006) ergibt. Zukünftige Erträge in den Regionen wurden anhand einer einheitlichen, konstanten Steigung (Trend: 1951-2010) bezogen auf den Durchschnittsertrag der ZS1 als Basis berechnet (Rijk et al., 2013). Die Differenz aus Wasserangebot und -bedarf ergibt den Überschuss je Region und EK und vermittelt einen Eindruck von den zukünftigen Herausforderungen in der Silomaisproduktion.

Ergebnisse und Diskussion

Die jährlichen Niederschläge verändern sich kaum (im Westen keine Änderung und im Osten 24 mm weniger im Vergleich ZS1 und ZS2). Allerdings konnten wir eine Verschiebung der Niederschläge in Richtung Winter feststellen. Dieser Effekt konnte durch eine berechnete Verfrühung der Wachstumsperiode um 14 Tage (DH: 103, 266, 163; OS: 106, 248, 143), aufgrund von steigenden Temperaturen, nicht ausgeglichen werden. Es kommt zu einer Verringerung der Niederschlagsmenge innerhalb der Wachstumsperiode um 66 mm in DH und um 70 mm in OS. Die Erträge steigen bis zur ZS2 auf 18,0 bis 19,4 t TM ha^{-1} DH und 12,5 bis 13,0 t TM ha^{-1} in OS. Das entspricht einem jährlichen Zuwachs von 0,049 t TM ha^{-1}. In Kombination mit den steigenden Erträgen erhöht sich der Wasserbedarf um jährlich 0,93 mm von 289 bis 314 mm auf 344 bis 370 mm in DH und von 182 bis 193 auf 238 bis 249 mm in OS. In der Region DH gibt es heute einen Überschuß von 172 mm bis 229 mm in Abhängigkeit von der Ertragsklasse. Dieser reduziert sich in der Zukunft auf 50 mm bis 107 mm. In der Region OS gibt es heute einen Wasserüberschuß von 212 mm bis 221 mm in Abhängigkeit von der Ertragsklasse. Wobei sowohl der Wasserbedarf (Ertrag), als auch was Wasserangebot (nFK) in den guten Ertragsklassen höher ist. Dieser reduziert sich in der Zukunft auf 86 mm bis 94 mm. Eine klimawandelbedingte Verringerung der klimatischen Wasserbilanz haben wir nicht berücksichtigt. Dieser Effekt wird sich zusätzlich negativ auswirken. Auf das verringerte Wasserangebot kann auf der einen Seite durch eine entsprechende Sortenwahl, bzw. Züchtung reagiert werden. Durch eine Verlängerung der Wachstumsperiode über das heute übliche Maß, kann entstehender Wasserstress bei gleichzeitig steigenden Erträgen gemildert werden. Auf der anderen Seite würde eine Reduktion der Erträge um 21 bis 23 % im Westen und um 35 bis 38 % im Osten vergleichen mit heute die geringeren Niederschläge kompensieren und einen vergleichbaren Wasserüberschuss sicherstellen.

Literatur

Richter, D. (1995), Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, Offenbach., Deutscher Wetterdienst.

Rijk, B.; van Ittersum, M. & Withagen, J. (2013), 'Genetic progress in Dutch crop yields', Field Crops Research.

Roth, D.; Günther, R.; Knoblauch, S. & Michel, H. (2005), 'Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen', Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 87–88 (2015)

Veränderung der Häufigkeit widriger Witterungsbedingungen zu sensitiven Entwicklungsphasen des Weizenanbaus in Norddeutschland

Maximilian Strer[1], Nikolai Svoboda[1] und Antje Herrmann[2]

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

Einleitung

Das Ertragsrisiko für Winterweizen hängt auch in Zukunft von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens widriger Umweltbedingungen ab, wie beispielsweise ungünstiger Temperaturen insbesondere während kritischer, phänologischer Phasen. Klimawandel im Norddeutschen Tiefland führt zur Verschiebung und Änderung der Länge phänologischer Phasen (Chmielewski et al. 2004). Weiterhin steigt das Risiko hoher, d.h. supraoptimaler Temperaturen (Trnka et al. 2014). Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Häufigkeit von Schwellenwertüberschreitungen der Temperatur während der Blütephase des Weizens im Norddeutschen Tiefland zu quantifizieren.

Material und Methoden

Es wurde die Häufigkeit des Auftretens von Temperaturen bestimmt, die einen wachstumsbeschränkenden Grenzwert ($T_{krit} \geq 31$°C (Porter and Gawith 1999)) während der Blütephase (in diesem Beitrag definiert durch Ährenschieben bis Milchreife (BBCH 50-73)) überschreiten. Für die Berechnungen wurden Wetterdaten für den Referenzzeitraum (1981-2010, DWD) und ein Szenario (2041-2070, PIK: RCP 8.5; ECHAM 6) für zwei Modellregionen aus dem Norddeutschen Tiefland (Diepholz (DH) und Oder-Spree (OS)) verwendet. Die Blütephase im Referenzzeitraum wurde anhand phänologischer Daten des DWD als Mittelwert für die Modellregionen berechnet. Die Blütephase im Szenario wurde mittels DSSAT-CERES (Jones et al. 2003), einem dynamischen Pflanzenwachstumsmodell, ermittelt. Kalibriert wurde das Modell anhand von Wetter- und Phänologie-Daten des Referenzzeitraumes. Ausgewertet wurden die Wahrscheinlichkeit und Anzahl von Überschreitungen der kritischen Temperatur T_{krit} während der Blütephase, der mittlere Anfangs- und Endpunkt der Blütephase sowie die mittlere Tagestemperatur der Blütephase in jeder Zeitscheibe. Weiterhin wurde die Anzahl von Hitzeperioden als aufeinanderfolgende Tage mit Temperaturen größer T_{krit} während der Blütephase ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Parametrisierung von DSSAT-CERES zum Abbilden der kritischen Phasen war erfolgreich. Das Ährenschieben wurde in den Modellregionen mit zufriedenstellender Modellgüte abgebildet (DH: $R^2 = 0.69$, OS: $R^2 = 0.52$). Die Bestimmtheitsmaße für die Prognose des Stadiums Milchreife waren geringer (DH: $R^2 = 0.37$ und OS: $R^2 = 0.18$).

Die mittlere Temperaturerhöhung von 1.5°C (DH) bzw. 2°C (OS) im Szenario resultierte erwartungsgemäß in einer Vorverlegung der Blütephase (Tabelle 1), wobei der Beginn einen tendenziell geringeren Effekt (7-8 Tage) aufwies als das Ende der Blütephase (8-10 Tage). Weiterhin zeigte die Modellregion OS eine stärkere

Vorverlegung als DH (Tabelle 1). Die Länge der Blütephase des Szenarios wurde entgegen der Erwartungen nur marginal um einen Tag verkürzt. Dieser Effekt sollte für weitere Regionen geprüft werden. Chmielewski et al. (2004) berichten von einer Vorverlegung der Phänologie für verschiedene Feldfrüchte unter rezentem Klimawandel und heben hervor, dass Änderungen der Phänologie im Sommer geringer ausfallen als im Frühjahr.
Temperaturen über $T_{krit} \geq 31°C$ traten während der kritischen Phase im Referenzzeitraum 16 (DH) bzw. 14 (OS) mal auf (Tabelle 1), was einer Wahrscheinlichkeit von ca. 2% entspricht. Für das Szenario wurde eine deutliche Steigerung des Risikos von Temperaturen oberhalb T_{krit} festgestellt, mit Wahrscheinlichkeiten von 6% in DH und 8% in OS. Die Anzahl von Hitzeperioden hat sich im Szenario für zweitägige Perioden verdoppelt. Zusätzlich treten im Szenario erstmals viertägige Perioden auf (Tabelle 1).
Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von kritischen Temperaturen zur Weizenblüte wird in Zukunft ansteigen. Dies erfordert Anpassungsstrategien für Anbausysteme, um dieses potentielle Ertragsrisiko zu minimieren.

Tabelle 1 Beginn phänologischer Phasen, Wahrscheinlichkeit und Häufigkeit von Hitzeereignissen und -perioden für den Winterweizenanbau in zwei Modellregionen im Referenzzeitraum (1981-2010) und Szenario (2041-2070) (Mittelwert ± Standardabweichung).

		Diepholz (DH)		Oder-Spree (OS)	
		Referenz	Szenario	Referenz	Szenario
Ø T_{mean} (BBCH 50-73)	[°C]	16.5±3.4	18.0±3.4	17±3.5	19±3.6
Mittlerer Ährenschieben	[Tag]	161±5	154±6	160±6	152±6
Mittlerer Milchreife	[Tag]	180±5	172±6	179±6	169±7
$T_{max} \geq T_{krit}$	[Tag]	16	29	14	39
Wahrscheinlichkeit ($T_{max} \geq T_{krit}$)	[ ]	0.02	0.06	0.02	0.08
Hitzeperiode:					
4 Tage $T_{max} \geq T_{krit}$		-	2	-	2
3 Tage $T_{max} \geq T_{krit}$		1	1	-	-
2 Tage $T_{max} \geq T_{krit}$		2	4	3	6

Literatur

Chmielewski, F-M, A Müller, and E Bruns. 2004. Climate Changes and Trends in Phenology of Fruit Trees and Field Crops in Germany, 1961 - 2000 121: 69-78.

Jones, JW, G Hoogenboom, CH Porter, KJ Boote, WD Batchelor, L Hunt, PW Wilkens, U Singh, AJ Gijsman, and JT Ritchie. 2003. The DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy 18: 235-265.

Porter, JR, and M Gawith. 1999. Temperatures and the Growth and Development of Wheat: A Review. European Journal of Agronomy 10: 23-36.

Trnka, M, RP Rötter, M Ruiz-Ramos, KC Kersebaum, JE Olesen, Z Žalud, and MA Semenov. 2014. Adverse Weather Conditions for European Wheat Production Will Become More Frequent with Climate Change. Nature Climate Change 4: 637-643.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 89–90 (2015)

Müssen Stickstoffdüngung und Bewässerung bei der Abschätzung von Effekten des Klimawandels berücksichtigt werden?

Heidi Webber[1], Gang Zhao[1], Joost Wolf[2], Wolfgang Britz[3], Wim de Vries[3], Thomas Gaiser[1], Holger Hoffmann[1], Frank Ewert[1]

[1]Universität Bonn/INRES Pflanzenbau, Bonn. E-Mail: *hwebber@uni-bonn.de*; [2]Wageningen University/Plant Production Systems Group, Wageningen; [3]Universität Bonn/Institute for Food and Resource Economics, Bonn; [4]Wageningen University/Alterra Wageningen, Wageningen

Einleitung

Pflanzenwachstumsmodellen sind derzeit der effektivste Weg, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Nutzpflanzenproduktion zu beurteilen. Die Angabe von zukünftiger Stickstoffdüngungs- und Bewässerungsintensität ist eine große Herausforderung aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der Daten sowie der Unsicherheiten bei Annahmen über die zukünftige Intensität des Pflanzenanbaus. Das Ziel dieser Studie war es, zu bestimmen, ob es erforderlich ist, Stickstoffdüngung und Bewässerung in regionalen Klimafolgenabschätzungen explizit zu berücksichtigen.

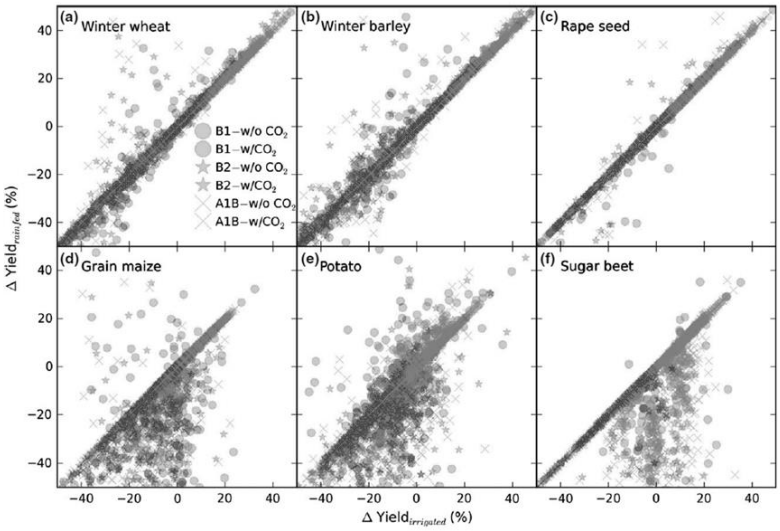
Material und Methoden

Die SIMPLACE Pflanzenwachstumsmodellierungsplattform wurde verwendet um folgende Beschränkungen auf die Erträge zu simulieren: (1) Wasser; (2) Stickstoff; und (3) Stickstoff als auch Wasser, bis zum Zeithorizont 2050 für IPCC SRES - Szenarien A1B1, B1 und B2. Die Feldfruchtarten Mais, Silomais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Wintergerste, Winterraps und Winterweizen wurden in den EU27 Ländern auf der Ebene der agroklimatischen Zonen simuliert. Historische Erträge und Stickstoffeinträge stammten von der CAPRI-Datenbank.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Vergleichs der relativen Veränderung der Erträge zeigten, dass für die Sommerkulturen wenig Veränderung in den simulierten Erträgen durch Beschränkungen mit Stickstoff bis 2050 zeigten. Allerdings war es eine stärkerer Abfall der Erträge für die Sommerkulturen wenn Bewässerung nicht berücksichtigt wurde als wenn es berücksichtigt wurde (Zhao et al., 2015). Jedoch war in den Simulationen für Wintergetreide und Winterraps eine stärkerer Anstieg der Erträge vorhanden der deutlich geringer ausfiel, wenn Stickstoff nicht berücksichtigt wurde. Eine große Herausforderung für die Abschätzungen der regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktivität wird es daher sein, möglichst plausible Szenarien des zukünftigen Aufwands an Stickstoff-Düngung und Bewässerung zu erzeugen.

Die Ergebnisse des Vergleichs der relativen Änderung der Erträge bis 2050 mit und ohne Berücksichtigung der Stickstoffdüngung für Szenarien A1B1



Die Ergebnisse des Vergleichs der relativen Änderung der Erträge bis 2050 mit und ohne Berücksichtigung Bewässerung **für Szenarien A1B1**

Literatur

Zhao G, Webber H, Hoffmann H, Wolf J, Siebert S, Ewert F, 2015. The implication of irrigation in climate change impact assessment: a European wide study. Glob Change Biol (in press).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 91–92 (2015)

Modellgestützte Quantifizierung indirekter Lachgasemissionen einer typischen Rapsfruchtfolge

Thomas Räbiger, Ulf Böttcher und Henning Kage

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

Einleitung

In Deutschland wurden 2014 1,4 Mio ha Winterraps angebaut, 750.000 ha davon für den Biodieselsektor. Bedingung für den Marktzugang für die Biodieselerzeugung ist die Erfüllung der Nachhaltigkeitsziele der RED (RED, 2009), wonach der Rapsanbau gegenwärtig 35% THG-Emissionen gegenüber der fossilen Referenz einsparen muss, ab 2017 50%. Neben den direkten Lachgas (N_2O)-Emissionen gilt es, auch die indirekten N_2O-Emissionen für die THG-Bilanzierung zu berücksichtigen. Indirekte N_2O-Emissionen resultieren aus reaktiven N-Verbindungen, die durch Ammoniak-Volatilisation und Nitrat-Auswaschung vom Entstehungsort disloziert werden, jedoch an anderer Stelle wieder als N_2O emittiert werden. Da Winterraps sich einerseits durch eine hohe N-Aufnahme bis zur Blüte und andererseits durch N-reiche Erntereste auszeichnet, kann es durch mögliche schnelle Mineralisierung im Herbst potenziell zu Auswaschungsverlusten nach Raps kommen, vor allem, wenn der folgende Weizen bis Vegetationsende wenig N aufnimmt.

Material und Methoden

Zur Quantifizierung der indirekten N_2O-Emissionen wurde im Herbst 2012 ein zweijähriger Feldversuch mit dreigliedriger Fruchtfolge (Winterraps-Winterweizen-Wintergerste, randomisiertes Block-Design; jede Frucht in jedem Jahr) nahe Kiel angelegt, wobei im Winterraps sowohl mineralisch (180 kg N ha^{-1}; KAS) als auch organisch (180 kg NH_4-N ha^{-1}; Biogas-Gärrest) gedüngt wurde. Ferner wurde eine ungedüngte Kontrolle angelegt. Die Ammoniak-Emissionen wurden nach Ausbringung des Gärrestes mittels Dräger-Tube-Messmethode (Pacholski et al., 2006) erfasst, N_{min}-Beprobungen des Bodenprofils (0-90 cm) wurden dreimal pro Vegetationsperiode durchgeführt.

Zur Quantifizierung der N-Auswaschung diente ein Simulationsmodell, das aus angepassten Pflanzenwachstumsmodellen für Winterraps und Weizen, einem gekoppelten C und N Modell (5 Poole) und einem Dispersions-Konvektions-Modell verbunden mit einem schichtbasiertem Bodenwassermodell besteht. Jeder Simulationslauf startete zur Ernte der Vorfrucht und endete zu Bestockungsende des nachfolgenden Weizens.

Ergebnisse und Diskussion

Für das Analysejahr 2013 ist das Simulationsergebnis beispielhaft für die organische Variante in Abb. 1 dargestellt. Das Modell konnte die spezifische N-Aufnahme des Rapses und des Weizens gut nachvollziehen (Abb.1). Unter Berücksichtigung von Ereignissen organischer Zufuhr wurde die Änderung von Nmin im zeitlichen Verlauf abgeleitet und schließlich die N-Auswaschungsverluste quantifiziert.

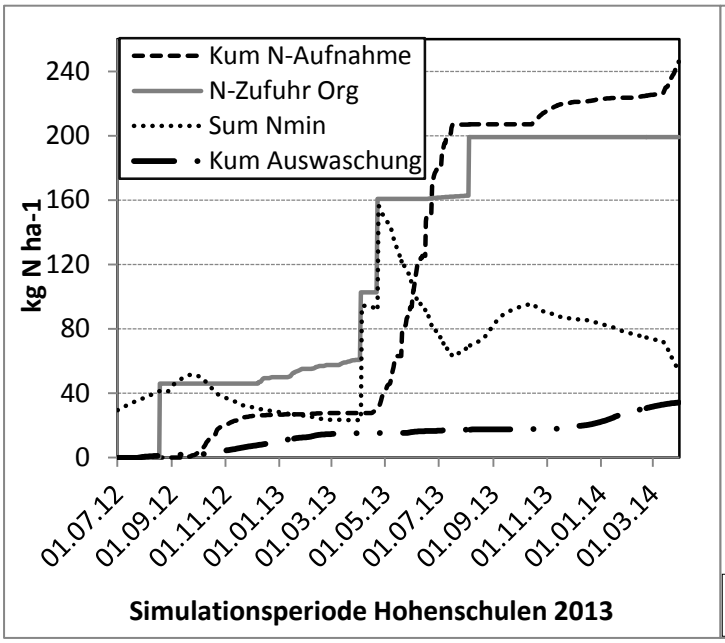


Abb.2: Simulationsergebnis zur N-Auswaschung für Hohenschulen 2013 mit organischer Düngung.

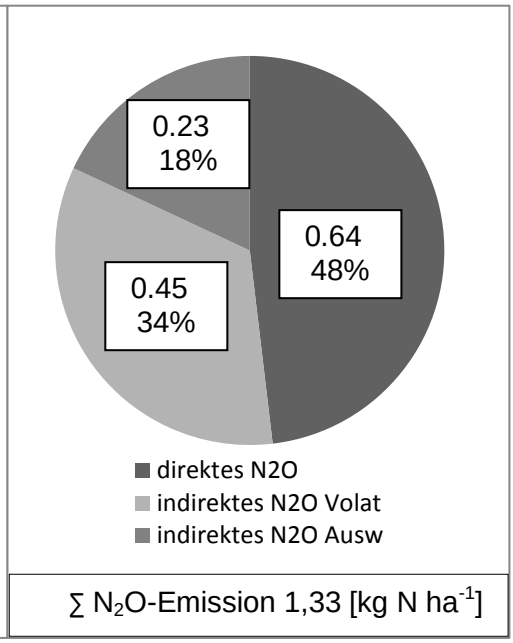


Abb.2: Relation der N_2O-Arten für Hohenschulen 2013 mit organischer Düngung.

Es ergeben sich demnach für die organisch gedüngte Variante 34 kg N ha^{-1} Auswaschungsverluste im betrachteten Zeitraum von 21 Monaten, für die mineralisch gedüngte Variante sind es 28 kg N ha^{-1} (nicht dargestellt). In der ungedüngten Kontrolle wurden 38 kg N ha^{-1} ausgewaschen, da die N-Immobilisierung im Herbst aufgrund von weniger Ernterückständen geringer ausfällt.
Die mittels Dräger-Tube-Methode in der organisch gedüngten Variante bestimmten Ammoniakverluste beliefen sich 2013 auf 45 kg N ha^{-1}, 2014 waren es 40 kg N ha^{-1}.
Durch Anwendung der IPCC-Emissionsfaktoren für NH_3-Volatilisation und N-Auswaschung ist es möglich, die resultierenden indirekten N_2O-Emissionen zu kalkulieren (Abb. 2). Die direkten Emissionen wurden mittels geschlossenen Hauben ermittelt. Es wird ersichtlich, dass die indirekten N_2O-Emissionen im betrachteten Zeitraum die Hälfte der gesamten N_2O-Emissionen ausmachen, wobei 2013 ein Jahr mit sehr geringen direkten N_2O-Emissionen war. Auf Seiten der indirekten Emissionen kommt dem N_2O aus NH_3-Volatilisation die größere Bedeutung zu.

Literatur

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, 140:16-45

Pacholski, A.; Cai, G., Nieder, R., Richter, J., Fan, X., Zhu, Z., Roelcke, M. (2006). Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field – comparative measurements in Henan Province, China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74:259–273

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 93–94 (2015)

Treibhausgasminderung auf Sandböden: Einfluss differenzierter N-Düngung

Julian Klepatzki[1], Jörg Zimmer[2] und Frank Ellmer[1]

[1]Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin-Dahlem. [2]Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Dorfstraße 1, 14513 Teltow OT Ruhlsdorf.
E-Mail: *julian.klepatzki@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Die Erhöhung der Kohlenstoffgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden kann zur Minderung von Treibhausgasemissionen beitragen. Trotz dieses Potentials werden Veränderungen in den Bodenkohlenstoffvorräten bisher kaum in landwirtschaftliche Treibhausgasbilanzen einbezogen (BRANDAO et al., 2013). Um die Minderungspotenziale von integrierten ackerbaulichen Bodennutzungssystemen zu quantifizieren, wurde der Einfluss von differenzierter organischer und mineralischer Stickstoffdüngung auf die Gehalte an organischem Kohlenstoff im Boden und deren Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz anhand eines Dauerfeldversuchs (DFV) untersucht.

Material und Methoden

Datengrundlage sind die Ergebnisse des DFV M4, Groß Kreutz des LELF Brandenburg (MLUV 2009). Der Versuch wurde 1967 als randomisierter zweifaktorieller N-Kombinationsversuch mit vier Wiederholungen angelegt. Prüffaktoren sind organische N-Düngung mit Stalldung und mineralische N-Düngung mit KAS (jeweils 0, 50, 100, 150, 200 kg ha^{-1} a^{-1}) einschließlich deren Kombinationen. Die Standortbedingungen sind typisch für das Land Brandenburg (Su4, l'S, AZ 40/42, 8,9 °C, 537 mm). Aus dem Datenpool des Versuchs wurden die Ertragsdaten des Zeitraums 2001-2010 (Silomais, Winterroggen-Korn und -Stroh) und die Änderungen der Bodenkohlenstoffvorräte seit Versuchsbeginn genutzt. Emissionen aus Maschinen- und Technikeinsatz wurden anhand praxisüblicher Bewirtschaftungsverfahren mithilfe der Datensammlung zur Betriebsplanung im Land Brandenburg (MIL, 2010) kalkuliert. Die Treibhausgasbilanz wurde gemäß der Vorgaben des nationalen Treibhausgasinventars nach HAENEL et al. (2014) und RÖSEMANN et al. (2015), sowie für Vorleistungsemissionen mithilfe der Kalkulationsdaten der Datenbank *Ecoinvent* (WEIDEMA, 2013) berechnet. Die Veränderungen der Bodenkohlenstoffvorräte im DFV M4 wurden nach einem Ansatz von Peterson et al. (2013) mit einem Zeithorizont von 100 Jahren in die THG-Bilanz einbezogen. Die direkten Lachgas-Emissionen sind mit dem von TROST et al. (2014) für Sandboden ermittelten Emissionsfaktor von 0,0037 kg kg^{-1} N_2O-N kalkuliert worden.

Ergebnisse und Diskussion

Wesentlicher Einflussfaktor auf die Treibhausgasbilanz war die Höhe der mineralischen Stickstoffdüngung. Bei einer organischen N-Düngung von 100 kg ha^{-1} a^{-1} N (Stalldung) stiegen die $CO_{2equ.}$-Emissionen je dt GE-Ertrag von 25 kg CO_2equ. dt^{-1} GE in der mineralisch ungedüngten Kontrolle bis auf 43 kg CO_2equ. dt^{-1} GE in der mit 200 kg ha^{-1} Mineral-N gedüngten Variante (Abb. 1).

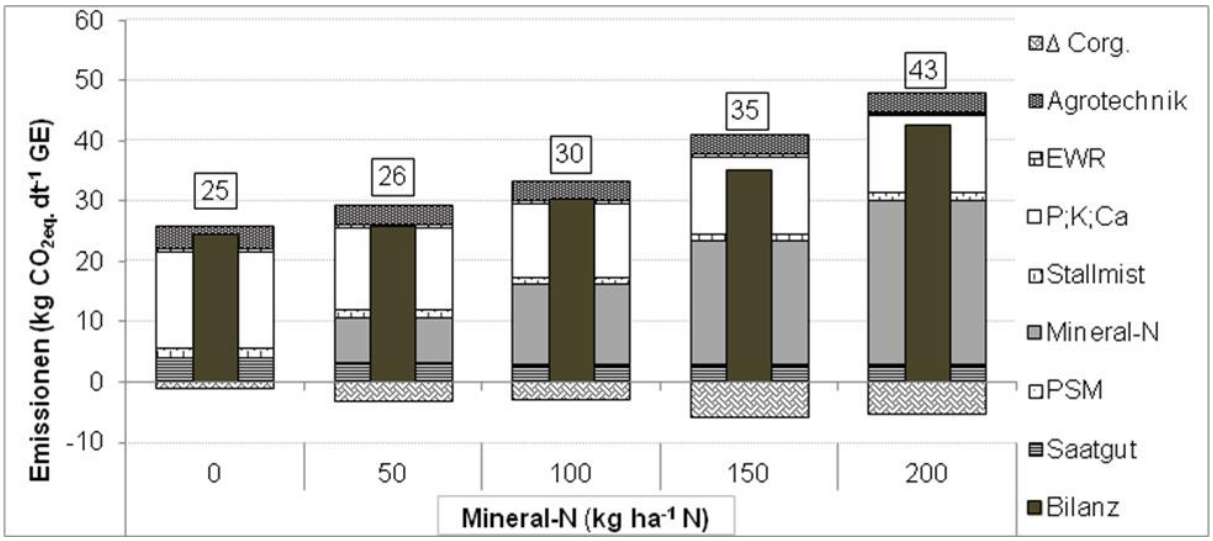


Abb. 1: Ertragsbezogene Treibhausgasbilanz für die Prüfglieder mit 100 kg ha^{-1} Stalldung-N bei differenzierter mineralischer N-Düngung.

Die Ergebnisse des Feldversuchs zeigen darüber hinaus, dass die alleinige organische Düngung mit Stalldung (200 kg ha^{-1} a^{-1} Stalldung-N) gegenüber der ungedüngten Kontrolle die Treibhausgasbilanzen durch Erhöhung der Kohlenstoffvorräte (+22 t ha^{-1} bzw. +95 %) verbessert. Für die flächenbezogene CO_2-Bilanz ergibt sich dabei eine Minderung um 367 kg ha^{-1} a^{-1} $CO_{2equ.}$ (-25 %).

Literatur

Brandao, M., Levasseur, A., Kirschbaum, M. U. F., Weidema, B. P., Cowie, A. L., Jorgensen, S. V., Hauschild, M. Z., Pennington, D. W., Chomkhamsri, K. (2013): Key issues and options in accounting for carbon sequestration and temporary storage in life cycle assessment and carbon footprinting. International Journal of Life Cycle Assessment 18, 230-240.

Haenel, H-D., Rösemann, C., Dämmgen, U., Poddey E., Freibauer, A., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C., Bauer, B., Osterburg, B. (2014): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2012 Report on methods and data (RMD) Submission 2014. Thünen Report 17. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.

MIL (Hrsg.) (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg. Schriftenreihe des LELF Brandenburg, Reihe Landwirtschaft, Band 11 (2010) Heft VIII, Potsdam.

MLUV (Hrsg.) (2009): Exkursionsbroschüre zur Tagung der Bodenspezialisten der Bundesländer vom 08. bis 10. Juni 2009 in Brandenburg. Schriftenreihe des LELF Brandenburg. Reihe Landwirtschaft, Band 10, Heft V.

Peterson, B. M., Knudsen, M. T., Hermansen, J. E., Halberg, N. (2013): An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. Journal of Cleaner Production 52, 217-224.

Rösemann, C., Häenel, H-D., Dämmgen, U., Freibauer, A., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C., Bauer, B., Osterburg, B. (2015): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2013 Report on methods and data (RMD) Submission 2015. Thünen Report 27. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.

Trost, B. (2015): Treibhausgasemissionen unter Bewässerung und unterschiedlicher Stickstoffdüngungsintensität auf einem Sandboden in Nord-Ost-Deutschland. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.

Weidema, B. P., Bauer, C., Hischier, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., Vadenbo, C. O., Wernet, G. (2013). Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3. Ecoinvent Report 1(v3). St. Gallen: The ecoinvent Centre. URL: http://ecoinvent.org (11.06.2015).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 95–96 (2015)

Aktivierung landwirtschaftlicher Betriebe für den Ausbau multifunktionaler Agrarlandschaften – Fallbeispiele aus der Agrarstruktur verschiedener Landschaften in Deutschland

Frank Wagener, Jörg Böhmer und Susanne Wangert

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement/Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier.
E-Mail: *f.wagener@umwelt-campus.de*

Einleitung

Eine hohe Produktivität und die Erbringung von Ökosystemdienstleistungen werden häufig als Gegensätze dargestellt. Dabei bieten extensive Anbausysteme zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe, unter anderem der Anbau von Agrarholz und Biogasgemengen, die Möglichkeit, gezielt Ökosystemdienstleistungen in die Produktion zu integrieren. Zu vergleichsweise geringen Kosten sind so betriebliche Leistungen, wie die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und Erosionsschutz sowie gesellschaftliche Leistungen, beispielsweise Gewässerschutz und Biotopverbund zu erzielen. Neben der Erzeugung von Rohstoffen für einen regenerativen Energiemix können so Anforderungen unter anderem der Wasserrahmenrichtlinie oder aus dem Greening der GAP erfüllt wie auch Kompensationsmaßnahmen realisiert werden.

Im Bundesverbundprojekt ELKE wurde anhand realer Fallbeispiele untersucht, welche ertraglichen und ökologischen Leistungen durch verschiedene Anbausysteme erbracht werden. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, lassen sich akzeptable Ertragsleistung und verschiedene ökologische Leistungen gezielt verbinden (WAGENER et al. 2013). Darüber hinaus wurde berechnet was diese Systeme im Vergleich zur regional praxisüblichen Bewirtschaftung kosten (Opportunitätskosten/Verzichtskosten). Anschließend wurde evaluiert, welche Finanzierungsoptionen praktikabel sind und wie diese Mehrnutzungskonzepte in die Agrarstruktur eingepasst werden, um einzelbetrieblichen Anforderungen gerecht werden zu können. Im Ergebnis wurden im Rahmen des Projekts gute Beispiele für eine multifunktionale Landnutzung geschaffen, die sich am Markt orientiert. Weitere Pilotprojekte, die als Keimzellen für ein integratives Vorgehen auf regionaler Ebene dienen, werden aktuell bereits in der realen Planungspraxis umgesetzt.

Material und Methoden

Grundlage für die Arbeiten war eine Reihe von Fallbeispielen an sieben verschiedenen Standorten in Deutschland. Diese befinden sich in Wittingen und Spelle (Niedersachsen), Kupferzell (Baden-Württemberg), Allendorf (Eder, Hessen), Marpingen (Saarland), Rockenhausen (Rheinland-Pfalz) und Scheyern (Bayern).

Um zunächst auf betriebswirtschaftlicher Ebene einen Vergleich zwischen dem aktuellen, jeweils regional betriebsüblichen Anbau und einem extensiven, diversifizierten Anbau nachwachsender Rohstoffe zu ziehen, wurden im Rahmen leitfadengestützter Interviews mit jeweils mehreren Betrieben je Standort Referenzfruchtfolgen identifiziert sowie Kennzahlen zum Anbau erhoben. Diese einzelbetrieblichen Daten wurden zusammen mit Erhebungen im regionalen Landhandel (Betriebsmittelpreise, Erlöse), Kostensätzen der Maschinenringe sowie ergänzend den Zahlenwerken des KTBL zur Berechnung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung herangezogen. Um annuelle Kulturen und Fruchtfolgen mit Dauerkulturen, vor allem mit dem Agrarholzanbau zu vergleichen,

wurden zudem dynamische Investitionsrechnungen angefertigt, die über die Annuitätenmethode in Jahreswerte heruntergebrochen wurden. Die Opportunitätskosten, die sich aus der Differenz ergeben, stellen damit eine belastbare Grundlage zum einen für die einzelbetriebliche Bewertung (Einzelwerte) und zum anderen für überregionale, (förder-)politische Entscheidungen (Korridor) dar. Weiterhin wurde im Rahmen der Interviews an den Standorten Wittingen, Kupferzell, Rockenhausen jeweils eine Agrarstrukturanalyse durchgeführt. Dabei wurden betriebliche Entwicklungsperspektiven (z.B. Nachfolge), ebenso wie Verbindlichkeiten (z.B. Investitionen, vertragliche Lieferverpflichtungen) abgefragt und für die Konzeption regionaler Landnutzungsstrategien aufbereitet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis zeigt sich, dass die extensiven Anbausysteme in der Regel (aber nicht in allen Fällen) – insbesondere auf besseren Ackerstandorten – mit Opportunitätskosten gegenüber dem regional praxisüblichen Anbau verbunden sind. Im Überblick über die Standorte ergibt sich ein Korridor zwischen 100 und 600 €/ha, die durch den diversifizierten, extensiven Anbau nachwachsender Rohstoffe weniger zur Verfügung stehen, um Gemeinkosten und Unternehmergewinn zu bedienen.

Setzt man diese Opportunitätskosten ins Verhältnis zu den Fördersätzen für Agrar-Umwelt-Maßnahmen der Bundesländer so zeigt sich ein ähnlicher Korridor. Einige Maßnahmen, die vergleichbare Leistungen, dabei jedoch keine oder eine geringere Produktivität erwarten lassen, z.B. Verzicht auf Pflanzenschutz, Anlage von Blüh- oder Erosionsschutzstreifen, werden mit Beträgen zwischen 150 und 900 €/ha gefördert. Unterstellt man eine ähnliche flächenbezogene ökologische Leistungsfähigkeit und Honorierung des extensiven Anbaus, folgt hieraus, dass die Integration von Landschaftsleistungen in produktive Systeme sowohl aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebe als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht wünschenswert und vorteilhaft sein kann (vgl. hierzu auch HABER 1972 und HAMPICKE 2013).

Die Befragung der Praxisbetriebe hat zudem gezeigt, dass agrarstrukturelle Belange für die Umsetzung derartiger Maßnahmen von entscheidender Bedeutung sind. Dies betrifft die Bereitschaft zur Bereitstellung und Bewirtschaftung von derartigen Flächen und Anbausystemen vor allem aber auch den Aufbau von Verwertungsstrukturen oder Absatzwegen für die erzeugten Rohstoffe (Hackschnitzel, Biogassubstrate).

Für Politik und Planung bedeutet dies, dass die bereits seit Jahrzehnten diskutierte verstärkte Integration gesellschaftlicher Leistungen in die landwirtschaftliche Flächennutzung bezahlbar und machbar ist und Eingang in die Gestaltung des rechtlichen und förderpolitischen Rahmens finden sollte.

Literatur

HABER, W. (1972): Grundzüge einer ökologischen Theorie der Landnutzungsplanung. In: Innere Kolonisation 21 (11), S. 294-298.

HAMPICKE, U. (2013): Kulturlandschaft und Naturschutz, Probleme – Konzepte – Ökonomie. Springer Spektrum, Wiesbaden. 337 S.

WAGENER, F., HECK, P. & J. BÖHMER (Hrsg., 2013): Nachwachsende Rohstoffe als Option für den Naturschutz ... Naturschutz durch Landbau? Schlussbericht zu ELKE III. Birkenfeld. 802 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 97–98 (2015)

Möglichkeiten gesamtbetrieblicher Honorierung von Naturschutzleistungen der Landwirtschaft am Beispiel ökologisch bewirtschafteter Betriebe

Karin Stein-Bachinger[1], Michael Rühs[2] und Frank Gottwald[1]

[1]Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.), Institut für Landnutzungssysteme, 15374 Müncheberg; [2]DUENE e.V., Universität Greifswald. E-Mail: *kstein@zalf.de*

Einleitung

Der Artenrückgang, maßgeblich mitverursacht durch intensive Landbewirtschaftung, ist äußerst alarmierend. Bereits ein Drittel der in Deutschland vorkommenden Arten gilt als gefährdet, weitere 6% sind ausgestorben (Bundesamt für Naturschutz, 2015). Viele wildlebende Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensräume können jedoch nur durch Landbewirtschaftung erhalten werden. Ökologisch bewirtschaftete Betriebe erbringen vielfältige positive ökologische Leistungen, die durch zusätzliche, zielorientierte Maßnahmen sehr effektiv gesteigert werden können (Stein-Bachinger et al., 2010). Ökonomische Zwänge setzen hierbei jedoch enge Grenzen. Da der Schutz der Biodiversität eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist (Geisbauer & Hampicke, 2012), ergibt sich die Frage: Wie können Naturschutzleistungen auf gesamtbetrieblicher Ebene bewertet und besser honoriert werden? Im Folgenden wird der Fokus auf Mutterkuh- und Milchviehbetriebe gelegt.

Material und Methoden

In dem Projekt ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt' wurde ein Naturschutzstandard auf gesamtbetrieblicher Ebene entwickelt, basierend auf einem Maßnahmenkatalog mit über 70 Auswahlmöglichkeiten (Gottwald & Stein-Bachinger, 2015). Mittels eines Punktesystems wird die Wirkung auf die Artenvielfalt abgebildet. Mit dem Erreichen einer Mindestpunktzahl können die Produkte mit dem Naturschutzlabel ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt' über EDEKA vermarktet werden. Die 45 zurzeit beteiligten Betriebe bewirtschaften ca. 30.000 ha in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Schleswig-Holstein. Die Betriebe halten schwerpunktmäßig Mutterkühe, einige produzieren Milch; ca. 80% wirtschaften auf Standorten mit mittlerer bis geringer Bodengüte.

Ergebnisse und Diskussion

Im Feldfutterbau (Kleegras) profitieren viele Tierarten von extensiver Bewirtschaftung, z.B. durch eine Nutzungs- und Bearbeitungsruhe während der Reproduktionszeiten oder Änderungen in der Mahdtechnik. So benötigen Feldvögel während der Brutzeit einen störungsfreien Zeitraum von ca. 7-8 Wochen bis zum Flüggewerden der Jungtiere. Diese Ruhezeit kann durch späte erste Nutzung, durch entsprechende Verzögerung zwischen erster und zweiter Nutzung oder alternativ durch ungemähte Streifen erreicht werden. Bei Einhaltung einer höheren Schnitthöhe werden bei der Mahd weniger Nester von Feldvögeln zerstört. Auch Junghasen, Amphibien und Heuschrecken sind weniger gefährdet.

Diese Maßnahmen wirken sich jedoch negativ auf Futtermenge und/oder -qualität aus. Milchviehbetriebe werden dabei deutlich stärker belastet als Mutterkuhbetriebe, da für die Milchproduktion eine höhere Futterqualität erforderlich ist. Untersuchungen in ökologisch bewirtschaftetem Kleegras ergaben, dass bei Mahdverzögerung ab der

sechsten Woche ein starker Rückgang der NEL-Werte von 6 MJ NEL kg TM^{-1} bis auf 5,2 MJ NEL in der 8. Woche stattfand (Stein-Bachinger & Fuchs, 2012), so dass dieses Futter für Milchkühe ungeeignet ist.
In Tabelle 1 sind die ökonomischen Konsequenzen von drei Naturschutzmaßnahmen im Kleegras dargestellt. Angenommen wurde, dass ein angemessener Futterersatz durch eigene Erzeugung oder Zukauf erfolgen muss. Bei Mutterkuhhaltung reicht ein Ausgleich des Minderertrages an Trockenmasse, da die Futterqualität der verbleibenden Aufwüchse ausreicht, während für melkende Kühe ein vollständiger Ersatz nötig ist. Eine Honorierung müsste demzufolge für Milchviehbetriebe deutlich höher ausfallen, um eine Umsetzung zu ermöglichen.

Tab. 1: Kosten von Naturschutzmaßnahmen im Kleegras bei Mutterkuh- bzw. Milchviehhaltung (Ertragsniveau: mittel, 3-Schnitt-Nutzung) (Ruehs & Stein-Bachinger, 2015, Stein-Bachinger et al., 2010)

Naturschutzmaßnahmen im Kleegras	Mutterkuh	Milchvieh	Mutterkuh	Milchvieh
	€ ha^{-1} a^{-1}		Ersatz-Futterbedarf ha^{-1} a^{-1}	
8 Wochen Nutzungsruhe (nach 1. Schnitt)	201	272*-444**	18 dt TM	12 GJ NEL
Hochschnitt (1. Schnitt)	83	142*-180**	7 dt TM	5,1 GJ NEL
Ungemähte Streifen (10%)	83	87*-122**	7 dt TM	4,5 GJ NEL

*Innerbetriebliche Erzeugung **Zukaufswert

Für die Mehrzahl der 70 Naturschutzmaßnahmen gibt es derzeit keine Angebote für einen finanziellen Ausgleich aus Agrarmitteln. Insbesondere für einige Maßnahmen im Kleegras ist hier aufgrund des hohen Naturschutzpotenzials erhöhter Handlungsbedarf notwendig. Eine zusätzliche Chance für eine finanzielle Honorierung besteht, wenn höhere Abnahmepreise für die Erzeugnisse realisiert werden können, wie dies im Projekt ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt' durch den Handelspartner EDEKA initiiert wurde. Mit dem entwickelten Naturschutzstandard wird ein Mehrwert für den Naturschutz erzielt und Lösungsmöglichkeiten in diesem Spannungsfeld auf gesamtbetrieblicher Ebene aufgezeigt. Dem anhaltenden Rückgang der Biodiversität in der Agrarlandschaft kann wirksamer begegnet werden, wenn diese Art der Landbewirtschaftung eine hohe Wertschätzung auf breiter gesellschaftlicher Ebene erfährt und über ein marktorientiertes Instrument eine zusätzliche finanzielle Förderung durch das Konsumverhalten der Menschen erhält.

Literatur

Bundesamt für Naturschutz. (2015). Artenschutzreport 2015. In BfN (Ed.), 64 S. Bonn-Bad Godesberg.

Geisbauer, C., & Hampicke, U. (2012). Ökonomie schutzwürdiger Ackerflächen – Was kostet der Schutz von Ackerwildkräutern? 50 S., Univ. Greifswald

Gottwald, F., & Stein-Bachinger, K. (2015). Landwirtschaft für Artenvielfalt - Ein Naturschutzstandard für ökologisch bewirtschaftete Betriebe. 208 S. www.landwirtschaft-artenvielfalt.de.

Ruehs, M., & Stein-Bachinger, K. (2015). Honorierung von Naturschutzleistungen - Grundlagen und Beispiele für ökologisch bewirtschaftete Betriebe. 68 S., im Druck, www.landwirtschaft-artenvielfalt.de.

Stein-Bachinger, K., & Fuchs, S. (2012). Protection strategies for farmland birds in legume-grass leys as trade-offs between nature conservation and farmers' needs. *Organic Agriculture, 2*, 145-162.

Stein-Bachinger, K., Fuchs, S., & Gottwald, F. et al. (2010). Naturschutzfachliche Optimierung des ökologischen Landbaus "Naturschutzhof Brodowin". Ergebnisse des E+E-Projektes "Naturschutzhof Brodowin", Naturschutz und Biologische Vielfalt 90, 409 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 99–100 (2015)

Einfluss des Boden-pH-Wertes auf Artenreichtum und Artenzusammensetzung der Segetalflora nach langjährig unterschiedlicher Bewirtschaftung

Thomas F. Döring, Sebastian Roye, Kathlin Schweitzer, Michael Baumecker und Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker-und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; E-Mail: *thomas.doering@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Obwohl landwirtschaftliche Dauerversuche eine wertvolle Grundlage für die agrarwissenschaftliche Forschung darstellen, werden aus verschiedenen Gründen immer wieder solche Dauerversuche abgebrochen. Trotzdem besteht danach die Möglichkeit, solche Feldversuche weiterhin als Forschungsbasis zu nutzen.
Hier zeigen wir am Beispiel des fünf-faktoriellen Dauerversuches DIII in Berlin-Dahlem die Nachnutzung von drei Feldwiederholungen als Grundlage für die Erforschung von agrarökologischen Prozessen bei Landnutzungsänderung.

Material und Methoden

Der Feldversuch in Berlin-Dahlem (geogr. Koordinaten 52°28’59,95“; 13°17’54,02;“ 51 müNN) ist durch einen schwach-schluffigen Sandboden (Sandgehalt 72,8%) und geringe Gehalte an organische Bodensubstanz (656 mg C_{org} 100 g^{-1} Boden) charakterisiert. Über neun Jahrzehnte wurden im statischen Versuch Bewirtschaftungsmaßnahmen differenziert durchgeführt (Ellmer et al. 2000). Die Prüffaktoren sind dabei (A) Kalkung (mit bzw. ohne), (B) Stallmistdüngung (mit bzw. ohne), (C) Pflugtiefe (flach bzw. tief gepflügt), (D) Phosphordüngung (mit bzw. ohne), und (E) Fruchtfolge (Fruchtwechsel bzw. Getreidefolge).
Im Jahr 2014 wurden drei der sechs Feldwiederholungen aus den statischen Behandlungen herausgenommen und einheitlich mit einer Grasmischung aus 70 % Deutschem Weidelgras und 30 % Rotschwingel eingesät. Das daraufhin einsetzende Monitoring auf 96 Parzellen hat zum Ziel, die Nachwirkungen der differenzierten Bodenbewirtschaftung über die Zeit auf der einheitlich genutzten Fläche zu dokumentieren. Hier werden Ergebnisse von Vegetationsaufnahmen (Juni und September 2014) und Boden-pH-Messungen (Mitte Juli 2014, 0-15 cm Tiefe; Bestimmung nach DIN 19684) vorgestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den Aufnahmen der Segetalflora in 2014 wurden insgesamt 59 Gefäßpflanzenarten gefunden. Besonders häufig waren die Arten *Scleranthus annuus* (100% der Parzellen) *Spergula arvensis* (97 %) und *Spergularia rubra* (83 %), d.h. Arten die ihren Verbreitungsschwerpunkt auf sauren oder mäßig sauren Böden haben. Etwas weniger häufig wurden *Polygonum aviculare* (79 %), *Apera spica-venti* (72 %) und *Chenopodium album* (69 %) gefunden.
Die Ausgangswerte hinsichtlich Boden-pH lagen für den Statischen Dauerversuch im Jahr 1923 lagen zwischen 6,0 und 6,5. In 2014 wurden Extremwerte zwischen 3,6 und 7,3 gemessen. Unter den Prüffaktoren hatte dabei die Kalkung den deutlichsten Effekt auf den pH-Wert (Mittelwerte mit Kalkung: 6,5, ohne Kalkung 4,7). Die

Ergebnisse weisen weiterhin auf einen erhöhten Pflanzenartenreichtum bei Kalkung und Stallmistgabe hin sowie auf einen für den Artenreichtum optimalen pH-Bereich von 6 bis 7 (Abb. 1). Die Artenzusammensetzung der Segetalflora veränderte sich bei höheren pH-Werten, jedoch waren auch die oben genannten Säurezeiger auf den gekalkten Flächen vorhanden, wenn auch in geringerer Deckung als auf den langjährig ungekalkten Parzellen.

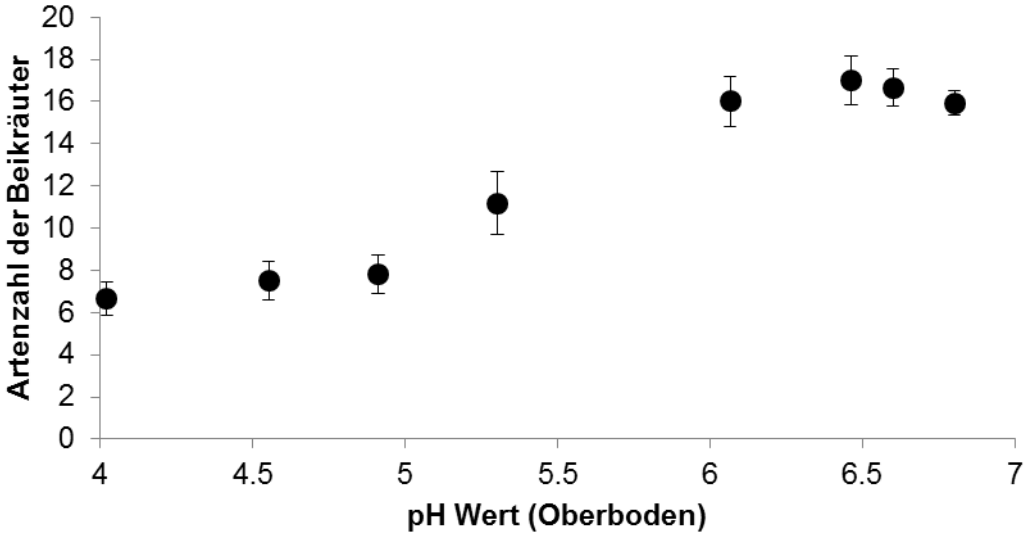


Abb. 1: Mittlere Artenzahl der Beikräuter in Abhängigkeit vom pH-Wert des Oberbodens. Jeder Punkt repräsentiert 12 Parzellen; die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Landnutzungsänderungen können die Biodiversität in Agrarökosystemen häufig erheblich beeinträchtigen (Reidsma et al., 2006; Leuschner et al., 2014). In diesem Kontext stellt der Versuch in seiner gegenwärtigen Anlage eine einzigartige Forschungsbasis dar, Effekte der Landnutzungsänderung auf die (pflanzliche) Biodiversität in Abhängigkeit von vorherigen Bewirtschaftungsbedingungen wie Düngung und Fruchtfolge zu untersuchen. Weitere Untersuchungen sind für die kommenden Jahre geplant, um die Regenerationsprozesse nach Nutzungsänderung im Zeitverlauf genauer zu verstehen.

Literatur

Ellmer F, Peschke H, Köhn W, Chmielewski FM, Baumecker M. 2000. Tillage and fertilizing effects on sandy soils. Review and selected results of long-term experiments at Humboldt-University Berlin. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163:267–272.

Leuschner C, Krause B, Meyer S, Bartels M. 2014. Strukturwandel im Acker- und Grünland Niedersachsens und Schleswig-Holsteins seit 1950. Structural change in the arable land and grassland of Lower Saxony and Schleswig-Holstein since 1950. Natur und Landschaft 9/10:386–391.

Reidsma P, Tekelenburg T, van den Berg M, Alkemade R. 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. Agriculture, Ecosystems & Environment 114:86–102.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 101–102 (2015)

Mischanbau mit Leguminosen zur effizienten Nutzung von Phosphor und Stickstoff

Bettina Eichler-Löbermann[1], Christine Brandt[1], Phillipp Stahn[2], Stephanie Busch[1], Timo Prange[1] und Ralf Uptmoor[1]

[1]Pflanzenbau/Universität Rostock, [2]Hydrologie /Universität Rostock.
E-Mail: *bettina.eichler@uni-rostock.de*

Einleitung

Der Anbau von Kulturpflanzen im Mischanbau kann zur effizienten komplementären Nutzung von Wachstumsfaktoren und somit zur Steigerung von Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz sowie zu stabileren Erträge beitragen. Der Mischanbau mit Leguminosen ist wegen der zusätzlichen Stickstoff(N)-Fixierung aus der Luft besonders interessant. Seit 2012 werden an der Universität Rostock unter teilkontrollierten und Feldbedingungen Varianten des Mischanbaus in Abhängigkeit von der Wasser- und Phosphor(P)-Versorgung getestet.

Material und Methoden

Das Programm beinhaltet mehrere Versuche: I) Gefäßversuche mit variierender Wasser- und P-Zufuhr, II) Feldversuch im Folientunnel mit variierender Wasserzufuhr und III) Integration des Mischanbaus in einen Dauerfeldversuch zu P-Düngungsstrategien. In den Feldversuchen wurden in Reinkultur Mais (*Zea mays*) und Sorghum (*Sorghum bicolor*) sowie in den Mischfruchtvarianten Mais mit Feuerbohne (*Phaseolus coccineus*) und Sorghum mit blauer Lupine (*Lupinus angustifolius*) (2013) bzw. Andenlupine (*Lupinus mutabilis*) (2014) in alternierenden Reihen angebaut. In den Gefäßversuchen wurden zusätzlich noch Ackerbohnen (*Vicia faba*) und Sojabohne (*Glycine max*) in das Versuchsprogramm einbezogen. Untersucht wurden die Erträge und Nährstoffaufnahmen der Fruchtarten sowie zahlreiche bodenchemische und –biologische Parameter. In dem Folientunnel erfolgte zudem mit Hilfe von Saugkerzen die regelmäßige Entnahme von Sickerwasser in drei Tiefen (30, 60 und 90 cm) während der Grundwasser-neubildungsperiode.

Ergebnisse und Diskussion

Gewöhnlich wiesen bei optimaler Wasser- und P-Versorgung des Bodens Mais und Sorghum im Reinanbau höhere Erträge und P-Aufnahmen auf als im Mischanbau mit Leguminosen, wobei die Saatstärken der angebauten Arten ebenfalls eine Rolle spielte. Bei suboptimaler Wasser- und P-Versorgung hingegen konnten die Mischungen an die Ertragsleistung der Reinkultur heranreichen und das bei reduzierter N-Zufuhr (50 % vom Reinanbau). Zudem waren die Unterschiede in den Erträgen in Abhängigkeit von der Düngung im Mischanbau geringer. Das zeigte sich unter anderem im Feldversuch bei Mais/Bohne im Jahr 2013 sowie Sorghum/Lupine 2014 (Tabelle 1). Zudem wiesen die Varianten mit den Mischungen im Durchschnitt höhere Gehalte an leicht verfügbarem P im Boden auf und steigerten die Aktivitäten einiger Enzyme im Vergleich zum Reinanbau (Tabelle 2). Das deutet auf ein erhöhtes Potential zur P-Mobilisierung im Mischanbau hin und sollte ebenso wie die

Erhöhung der Artendiversität bei der Bewertung des Mischanbaus neben der reinen Ertragswirkung berücksichtigt werden. Obwohl der Mischanbau im Vergleich zum Reinanbau zu höheren Gehalten an leicht-löslichen P im Oberboden führte, unterschieden sich in 60 und 90 cm Tiefe der Rein- und Mischanbau nicht bezüglich der P-Gehalte im Sickerwasser. Erhöhte Nitratwerte im Boden und der Bodenlösung nach Mischanbau mit Leguminosen wurden nicht ermittelt, was auch mit der reduzierten N-Düngung zusammenhing.

Tabelle 1: Erträge der Arten und Mischungen im Feldversuch für ausgewählte P-Düngungs-Varianten

	ohne	**TSP**	**Stallmist**	**Kompost**	**Kompost +TSP**
		2013 TM, dt/ha			
Mais	119	139	138	165*	152*
Mais-Bohne	140	136	130	143	152
		2014 TM, dt/ha			
Mais	170	187	190	202*	221*
Mais-Bohne	154	174	169	163	184*
Sorghum	91,5	98,1	117	133*	124*
Sorghum-Lupine	98,7	87,2	88,0	81,0	119

*sign. verschieden von der Kontrolle ohne P-Zufuhr (Duncan-Test, p≤ 0,05)

Tabelle 2: Aktivitäten ausgewählter Enzyme im Boden im Feldversuch 2013 in den Parzellen ohne P-Düngung

	AcP (µg p-NP gTS^{-1})	**AlP** (µg p-NP gTS^{-1})	**DHA** (µg TPF gTS^{-1})
Mais	198	44,7	23,1
Mais-Bohne	224*	51,6*	26,7
Sorghum	218	39,5	33,1
Sorghum-Lupine	231	55,7*	44,6*

AcP= acid phosphatase, AlP= alkaline phosphatase, DHA = dehydrogenase
* Mischanbau sign. höhere Werte als entsprechender Reinanbau (Duncan-Test, p≤ 0,05)

Mit entscheidend für die Etablierung der Bestände in den Feldversuchen waren die Aussaatstärken der Mischungspartner sowie der Zeitpunkt der Aussaat.
Das Projekt trägt zur besseren Bewertung des Mischanbaus sowie zur Erarbeitung regionaler Anbauempfehlungen bei.

Das Projekt wird vom BMEL/FNR gefördert (Kennzeichen: 220 30 111).

Literatur

Hinsinger, P.; Betencourt, E.; Bernard, L.; Brauman, A.; Plassard, C.; Shen, J.; Tang, X.; Zhang, F. (2011): P for Two, Sharing a Scarce Resource: Soil phosphorus acquisition in the rhizosphere of intercropped species. Plant Physiology 156, 1078–1086

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 103–104 (2015)

Bedeutung der Fruchtartenwahl für die Biodiversität in Energiefruchtfolgen und den von der Biodiversität getragenen Ökosystemfunktionen

M. Glemnitz, R. Platen

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF); Eberswalder Str. 84; 15374 Müncheberg, E-Mail: *mglemnitz@zalf.de*

Einleitung

Allgemein wird angenommen, dass vom Energiepflanzenanbau grundsätzlich ein zusätzlicher Druck auf die Biodiversität in den Agrarlandschaften ausgeht. Aktuell liegen jedoch nur wenige empirische Ergebnisse für die Effekte von Energiepflanzen auf die Biodiversität vor (Pedroli et al., 2013, Meyer et al., 2014). Anreizsysteme für den Anbau neuer oder alternativer Energiepflanzen basieren zumeist auf Expertenein-schätzungen über die Biodiversitätseffekte verschiedener alternativer Fruchtarten (z. B. für Einsatzstoffklassen). Inwieweit Fruchtarten gute Indikatoren für die Biodiversitätseffekte und die von der Biodiversität getragenen Ökosystemfunktionen sind, wurde im Rahmen des EVA-Verbundprojektes in dreijährigen Feldversuchen in Praxisbetrieben in drei unterschiedlichen Anbauregionen Deutschlands untersucht.

Material und Methoden

Insgesamt werden im EVA-Projekt 48 verschiedene 4jährige Fruchtfolgen auf 11Standorten deutschlandweit mit insgesamt 86 verschiedenen Anbauvarianten (Fruchtart x Anbauverfahren) untersucht. Dem Paradigma folgend, dass die Habitat-güte von Anbaufruchtarten im Wesentlichen von deren Anbauzeit, Bestandesstruktur und deren Ressourcenangebot für wildlebende Tiere bestimmt wird, wurden alle 86 Anbauvarianten anhand von vorliegenden Daten hinsichtlich dieser Parameter als Ausgangspunkt für die Felduntersuchungen geclustert. Für die resultierenden fünf Clustergruppen: Wintergetreide, Sommergetreide, Körnerleguminosen, mehrjähriges Ackerfutter und Maisähnliche wurden Fruchtarten ausgewählt und in drei Praxisbetrieben in unterschiedlichen Regionen Deutschlands zwischen 2005 und 2007 empirisch untersucht. Zu den analysierten Organismengruppen gehörten: Beikräuter, Laufkäfer, epigäische Spinnen und Blütenbesucher. Es wurden Flächen mit einer Mindestgröße von 4 ha untersucht, die Auswahl der Messpunkte erfolgte unter weitestgehendem Ausschluß von Rand- oder Inseleffekten. Die Erhebungund Artbestimmung erfolgte unter Einhaltung gängiger Standards.
Die Beiträge der untersuchten Fruchtarten zur α-Diversität, mittleren Abundanz bzw. Aktivitätsdichte und zu Anteilen an funktionellen Gruppen wurden mittels allgemeiner linearer Modellee statistisch untersucht, Beiträge zur β-Diversität unter Verwendung des Fidelity-Indexes nach Chytry et al. (2002) und die Zönosenzusammensetzung mit einer Redundanzanalyse (RDA).

Ergebnisse und Diskussion

Die Wahl der Fruchtart hatte in nahezu allen Fällen den stärksten Einfluß auf die α-Diversität, mittlere Abundanz bzw. Aktivitätsdichte. Die Interaktion von Fruchtart und Region verbesserte die Modellgüte mit Ausnahme der Artenanzahl der Spinnen jeweils leicht. Laufkäfer zeigten die stärkste Regionalität. Keine der untersuchten Fruchtarten zeigte bei allen untersuchten Fruchtarten jeweils die höchste oder niedrigste α-Diversität. Alle untersuchten Fruchtarten trugen mit einzelnen

spezifischen Beiträgen zur β-Diversität bei (Abbildung 1). Die Fruchtartenwahl im Rahmen der analysierten 5 Fruchtarten bestimmte die Zusammensetzung der einzelnen Zönosen wesentlich, diese variierte zwischen 20 und 62% in Abhängigkeit von den Fruchtarten. Die Variation war bei den Blütenbesuchern am niedrigsten (20-35%) und bei Laufkäfern und Spinnen am höchsten (max. 62%). Im Gegensatz zur α-Diversität zeigten die einzelnen Fruchtarten hinsichtlich der von ihnen beförderten funktionalen Eigenschaften in den Zönosen der wildlebenden Organismen sehr starke spezifische Effekte. Aus den Ergebnissen schließen wir, dass die Fruchtart kein probater Indikator für die allgemeine Diversität ist, hierfür ist die Fruchtartendiversität innerhalb von Fruchtfolgen geeigneter. Für spezielle Ökosystemleistungen können einzelne Fruchtarten gezielte Beiträge erbringen, dies setzt jedoch das Vorhandensein eines bisher noch fehlenden Zielesystems voraus.

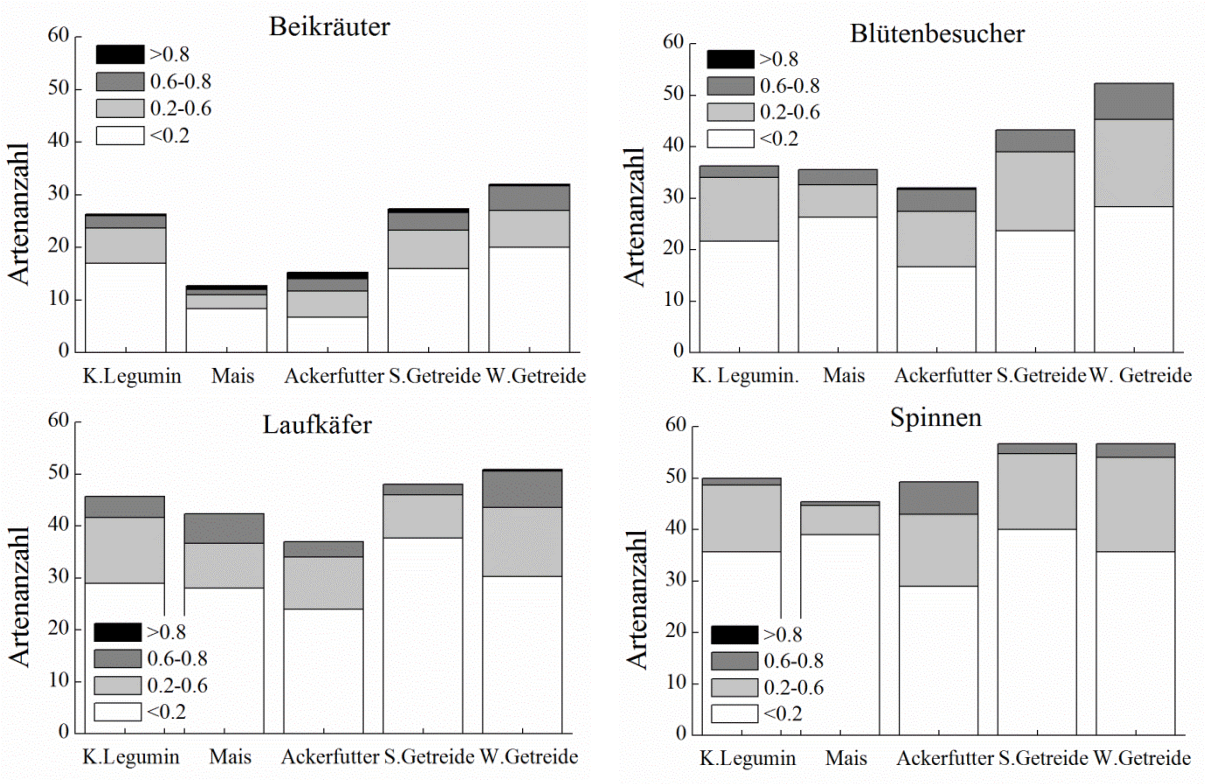


Abbildung 1: α-Diversität untersuchter Fruchtarten (Balkenhöhe) und Beiträge zur β-Diversität (farblich hervorgehobene Segmente) (Werte in der Legende = Fidelityindizes nach Chytry et al. 2002)

Literatur

Chytry, M., Tichy, L., Holt, J. et al. (2002) Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. Journal of Vegetation Science, 13, 79-90.

Pedroli, B., Elbersen, B., Frederiksen, P. et al. (2013) Is energy cropping in Europe compatible with biodiversity? - Opportunities and threats to biodiversity from land-based production of biomass for bioenergy purposes. Biomass & Bioenergy, 55, 73-86.

Meyer, S., Hoeber, S., Nehring, S., Leuschner, C (2014) Konsequenzen des Bioenergiepflanzenanbaus für die Segetalvegetation. Natur und Landschaft 89, H 9/10: 429–433.

Willms, M., Glemnitz, M., Hufnagel, J. (2009) Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus EVA, Endbericht, Teilprojekt 2. Müncheberg: ZALF.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 105–106 (2015)

CO_2-Austauschmessungen über Agrarflächen als Unterstützung für den Pflanzenbau

Barbara Köstner, Thomas Grünwald und Christian Bernhofer

Professur für Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden, Dresden. E-Mail: *barbara.koestner@tu-dresden.de*

Einleitung

Die Pflanzenproduktion und Sequestrierung von Kohlenstoff stellen grundlegende Ökosystemleistungen dar. Auf Ökosystemebene werden diese Funktionen mit der Eddy-Kovarianz (EC)-Technik erfasst. Seit etwa 25 Jahren wird diese Methode in Form mikrometeorologischer CO_2-Austauschmessungen über verschiedenen Landnutzungen angewandt und in Netzwerken wie FLUXNET (fluxnet.ornl.gov) und ICOS (Integrated Carbon Observation System) koordiniert. Die Untersuchungen zielen primär darauf ab, das Verständnis der Quellen und Senken von C-Flüssen auf Ökosystemebene zu verbessern und den Beitrag verschiedener Landnutzungen zu quantifizieren (u.a. Falge et al. 2002). Dabei hat sich gezeigt, dass Messungen über Ackerflächen eine sehr hohe Variabilität aufweisen, was auf die Einflüsse der Bewirtschaftung zurückgeführt wird. Es gibt jedoch kaum Ansätze, diesen Einfluss systematisch bzw. experimentell zu untersuchen, um aus den Ergebnissen Erkenntnisse für die Bewirtschaftung zu ziehen (Eugster et al. 2010). Solche Verfahren gewinnen jedoch besonders unter Bedingungen des Klimawandels an Bedeutung.

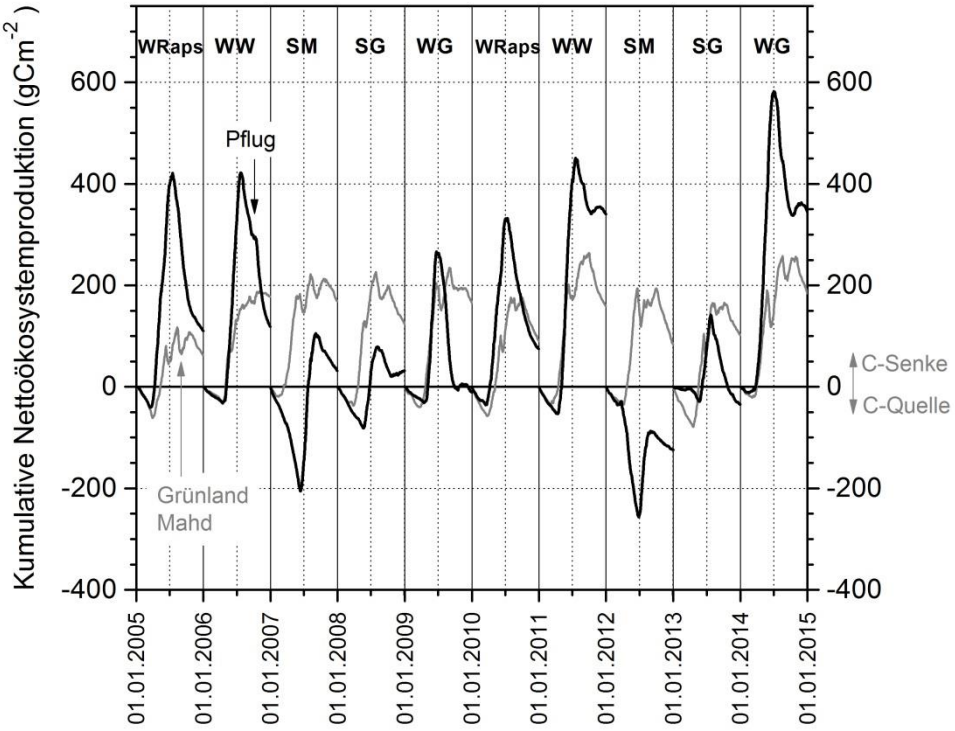
Material und Methoden

Die EC-Technik (Baldocchi et al. 1988) wird an Messstandorten der Professur für Meteorologie der TU Dresden kontinuierlich seit 1996 über Wald und seit 2003/2004 über Grün- und Ackerland angewandt (Prescher et al. 2010). Die Standorte befinden sich im bzw. um den Tharandter Wald, ca. 20-30 km südwestlich von Dresden (icos-infrastruktur.de). Das Dauergrünland (Standort Grillenburg) wird zwei- bis viermal pro Jahr gemäht, gelegentlich beweidet. Am Ackerstandort Klingenberg wird die Fruchtfolge Winterweizen–Silomais–Sommergerste–Wintergerste–Winterraps unter reduzierter Bodenbearbeitung angebaut. Die Jahresmitteltemperaturen und die Jahresniederschläge betragen 7,3 °C bzw. 850 mm (Station Grillenburg, 1959-2000). Die Böden bestehen aus sandigem bis tonigem Lehm mit Bodenzahlen um 36-39.

Ergebnisse und Diskussion

Die folgende Grafik zeigt C-Flüsse über 10 Jahre, kumuliert nach Kalenderjahren. Dargestellt ist die Nettoökosystemproduktion (NEP), die sich aus der Bruttoprimärproduktion abzüglich Boden- und Pflanzenatmung ergibt. Positive Werte bedeuten Aufnahme von C in das Ökosystem (Senke), negative Werte C-Verluste an die Atmosphäre (Quelle). Es wird deutlich, dass beim Grünland (graue Linie) eine relativ gleichmäßige Netto-C-Aufnahme stattfindet. Zackenförmige abrupte Schwankungen sind durch Mahd verursacht. Bei den Ackerfrüchten (schwarze Linie) ist der Verlauf variabler, bei Sommerfrüchten beginnt die Phase der C-Senke erst in der zweiten Jahreshälfte. Die deutlichsten C-Verluste treten in Jahren mit Silomais auf, hier kann die Bilanz am Jahresende auch negativ ausfallen. Im Herbst 2006 wurde nach Winterweizen das letzte Mal großflächig der Pflug eingesetzt, worauf ein Anstieg der Bodenatmung erfolgte. Am Ende des Jahres betrug die C-Bilanz etwa die Hälfte des

Jahres 2011 mit Winterweizen ohne Pflugeinsatz. Die Maxima der Summenkurven zeigen an, wann die Primärproduktion im Jahresverlauf wieder abnimmt.



Als weitere Kenngröße wird die Nettobiomproduktion (NBP) herangezogen, die alle Entnahmen und Zugaben von C wie zum Beispiel Ernte und organische Düngung einschließt. Für NBP ergibt sich beim Grünland eine ausgeglichene, beim Acker eine abnehmende C-Bilanz. Die negative Bilanz weist auf Humusverluste hin, wie sie auch an anderen Ackerstandorten Europas beobachtet werden (Kutsch et al. 2010). Insgesamt lässt sich folgern, dass EC-Messungen sowohl Einschätzungen der saisonalen Dynamik von Agrarökosystemen als auch der langfristigen Trends von Bodenzustand und Humusentwicklung unterstützen und somit zu einer besseren Kontrolle der Prozesse und Entwicklung von Maßnahmen beitragen können.

Literatur

Baldocchi DD, Hicks BB, Meyers TP 1988: Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. Ecology 69(5), 1331-1340

Eugster et al. (35 Ko-Autoren) 2010: Management effects on European cropland respiration. Agriculture, Ecosystems and Environment 139, 346-362

Falge et al. (39 Ko-Autoren) 2002: Phase and amplitude of ecosystem carbon release and uptake potentials as derived from FLUXNET measurements. Agricultural and Forest Meteorology 113, 75-95

Kutsch WL et al. (24 Ko-Autoren) 2010: The net biome production of full crop rotations in Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment 139, 336-345

Prescher A-K, Grünwald T, Bernhofer C 2010: Land-use regulates carbon budgets in eastern Germany: From NEE to NBP. Agricultural and Forest Meteorology 150, 1016-1025

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 107–108 (2015)

Analysis and modelling of spatio-temporal patterns of CO_2 and H_2O fluxes in relation to crop growth under field conditions

Moritz Kupisch, Matthias Langensiepen, Anja Stadler, Frank Ewert

Crop Science Group, Institute of Crop Science and Resource Protection, Faculty of Agriculture, University of Bonn, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn, E-Mail: *mkupisch@uni-bonn.de*

Introduction

Exchange of CO_2 and water vapor between plant surfaces and the atmosphere are important processes that determine plant growth and yield. They are affected by changes in physical boundary conditions and their magnitudes differ greatly between plant species. The temporal variability of gas exchange in crops has been extensively studied (Reicosky *et al*., 1994; Wang *et al*., 2006), but less is known about its spatial variability in fields. Understanding the spatio-temporal variability of gas exchange is necessary for modeling and estimating the dynamics of soil-vegetation-atmosphere processes at field and larger scales. Most crop modeling efforts ignore the spatial variability of gas exchange and plant structural development processes within fields which are influenced by heterogeneous soil conditions. Detailed representations of plant physiological processes at a single point within a field are typically assumed to represent the entire field. Little work has been done on scaling up from the single point to the entire field, not least due to the limited availability of experimental data. The study aimed at observing and analyzing spatial and temporal patterns of growth and CO_2 and H_2O fluxes in winter wheat and winter barley under heterogeneous soil conditions. The second part focuses on simulation experiments which characterize the effects of upscaling methods on field level fluxes and their interaction with distribution and aggregation of spatial patterns of input parameters.

Material and Methods

The measurements were carried out in a field near Selhausen, located in the Rur-catchment in North-Rhine-Westphalia, Germany (50.868◦N, 6.451◦E) during three vegetation seasons (2011–2013). Field size is 0.72 ha (180 m × 40 m), with a central altitude of 105m and a total gradient of four meters. The simulations comprise an application of the crop growth model GECROS (Yin and van Laar, 2005) over the whole season in dependence on spatially varying inputs. Each simulation was executed for six different spatial patterns with different edge lengths resolutions, ranging from a minimum value of 1 m to 280 m. The patterns differ only in their spatial arrangement but not with respect to their underlying frequency distributions. For the simulations with the crop model, only the amount of daily water supply was used as a spatial input parameter.

Results and Discussion

Results show that the dynamics of crop growth and carbon and water fluxes can have a high spatial and inter-annual variability depending on the underlying water supply patterns. Vegetation patterns arise from responses of growth processes and LAI development to drought stress. Flux patterns of CO_2 could be linked to soil heterogeneity and leaf area development patterns. Simulations resulted in highly fluctuating responses of photosynthesis, transpiration and LAI, depending on the aggregation of input parameter step-sizes. At the level of seasonal crop growth, the

output patterns of maximum LAI were decoupled from the patterns of photosynthesis and transpiration. No effects of input aggregation has been observed if the response variable was linearly dependent on the input, e. g. leaf nitrogen content. Results indicated that it is important to consider field heterogeneity for parameterizing plant, crop and large-scale soil-vegetation-atmosphere-transport models. Moreover, the spatial pattern of a given distribution has a significant effect on overall field level fluxes.

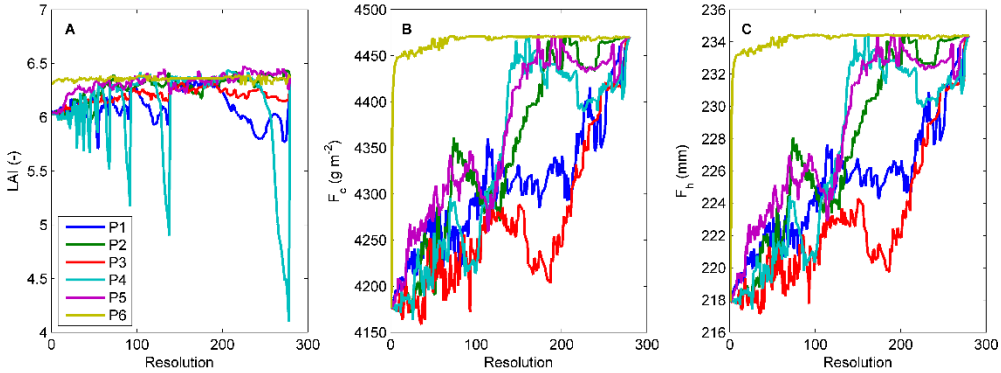


Fig. 1. Mean maximum LAI (A), mean cumulative gross canopy photosynthesis (B) and transpiration (C) as calculated by GECROS model in dependance on the resolution of the underlying input patterns applied to daily water supply.

References

Reicosky DC, Brown PW, Moran MS. 1994. Diurnal trends in wheat canopy temperature, photosynthesis, and evapotranspiration. *Remote Sensing of Environment* 49, 235–245.

Wang J, Yu Q, Li J, Li LH, Li XG, Yu GR, Sun XM. 2006. Simulation of diurnal variations of CO2, water and heat fluxes over winter wheat with a model coupled photosynthesis and transpiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 137, 194–219.

Yin X, van Laar HH. 2005. Crop systems dynamics. An ecophysiological simulation model for genotype-by-environment interactions. *Wageningen Academic Pub*.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 109–110 (2015)

Beeinflusst die Landschaft die Regenwurmpopulation auf landwirtschaftlich genutzten Flächen - Landschaftsstrukturmaße als Indikatoren funktionaler Diversität

Köhler, Anna; Wolfrum, Sebastian

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising. E-Mail: *anna.koehler@tum.de*

Einleitung

Für Artengruppen wie Bienen oder Spinnen, die wichtige Ökosystemleistung (Bestäubung, Schädlingsregulation) in der Agrarlandschaft erbringen, ist bekannt, dass ihr Vorkommen und ihre Diversität stark von der Struktur der umgebenden Landschaft abhängen. Regenwürmer, die eine große Rolle bei der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit spielen, gelten dagegen als weniger mobile Artengruppe. Es wird daher von einer geringeren Bedeutung der Landschaft im Vergleich zu den lokalen Standortfaktoren ausgegangen. So ist der unterschiedliche Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf verschiedene Regenwurmarten bekannt. Endogäische Arten, die Bodenbearbeitung besser als epigäische und anözische Regenwurmarten tolerieren können, dominieren z. B. die Regenwurmpopulation auf Ackerflächen (Jordan et al. 2004). Allerdings können nach Störungen, wie z. B. Bodenbearbeitung, auch naturnahe Landschaftselemente als Einwanderungsquelle für Regenwürmer in angrenzende Ackerflächen dienen (Lagerlöf et al. 2002). Ziel der Untersuchung ist es daher geeignete Landschaftskennwerte zu identifizieren, mit deren Hilfe sich ein Einfluss der umgebenden Landschaftsstruktur auf die Regenwurmdiversität in landwirtschaftlich genutzte Flächen feststellen lässt.

Material und Methoden

Dieser Beitrag beschreibt die Untersuchungen im Jahr 2014 auf vier Praxisbetrieben in Süddeutschland. Zur Erfassung der Landschaftsstruktur wurde eine Habitattypenkartierung nach Bunce et al. (2011) auf und in einem 250 Meter Puffer um die untersuchten landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführt. Zusätzlich wurden die CORINE Lancover Daten (CLC) 2006 für die Analysen verwendet. Die Landschaftsstrukturmaße (exp. Shannon Index, inv.Simpson Index etc.) wurden mit der LecoS Erweiterung (Jung 2012) im frei erhältlichen Geographischen Informationssystem QGIS für Puffer mit unterschiedlichen Radien berechnet. Die Regenwürmer wurden nach Dennis et al. (2012) mit einer kombinierten Methode aus chemischer Extraktion mittels verdünnter Senföllösung (Allylisothiocyanat) und zeitbegrenzter Handauslese gesammelt. Die Daten wurden in R 3.1.3 (R Core Team 2015) mittels Korrelationsanalyse in Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Landschaftsdiversität und der Diversität der Regenwurmpopulation ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Auf den vier Betrieben wurden 440 Individuen (9 Arten) gefunden. Die Ergebnisse zeigen, wie erwartet, keine oder nur sehr schwache Zusammenhänge zwischen den Kennwerten der Regenwurmdiversität und den Indizes für die Landschaftsdiversität. Der höchste Korrelationswert ($r = 0.23$) besteht zwischen dem exp. Shannon Index für den 750 m Radius der CLC Daten und der Artenzahl der Regenwürmer, was auf einen schwachen Einfluss der Landschaft auf die weniger häufig vorkommenden

Arten hindeuten könnte. Um dies zu validieren und weitere Strukturmaße zu evaluieren, müssen aber noch weitere Analysen durchgeführt werden.

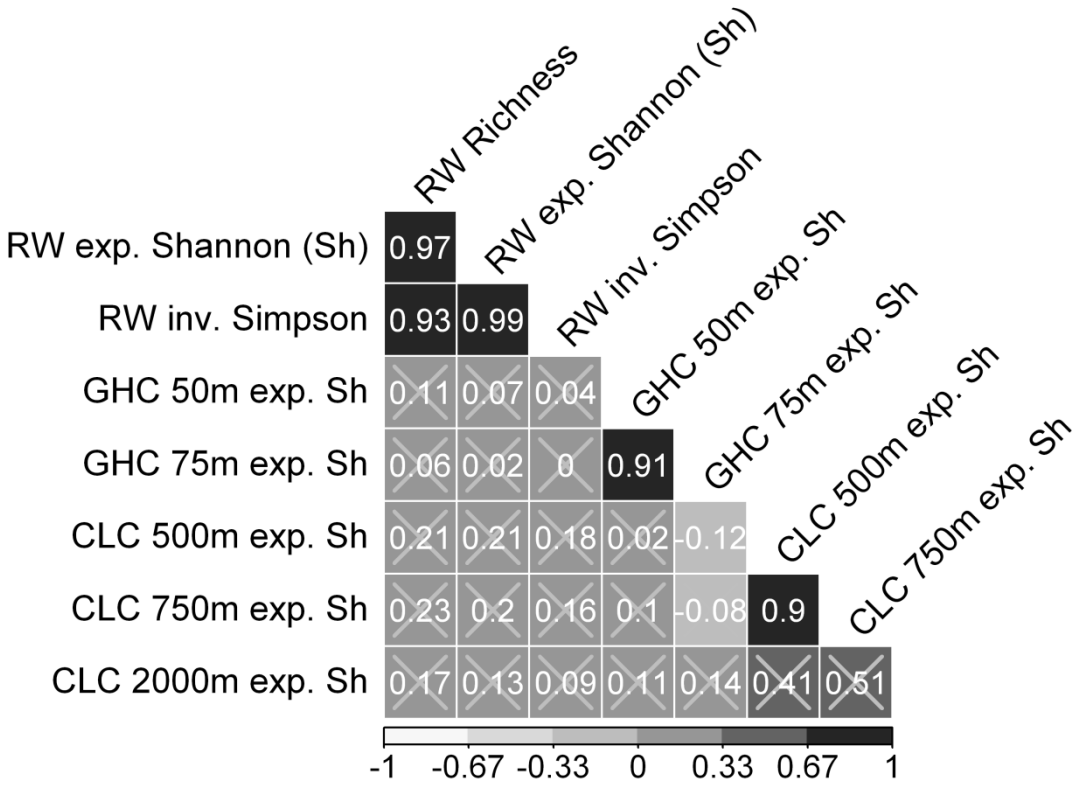


Abb.1: Korrelogramm mit drei Biodiversitätsindizes sowie Landschaftsdiversitätskennwerten (exp. Shannon Index) aus der Habitattypenkartierung (GHC) und aus den CORINE 2006 (CLC) Daten (Pufferradius 50 m, 75 m, 500 m, 750 m und 2000 m). Nicht signifikante Korrelationen sind mit X gekennzeichnet.

Danksagung

Die Arbeit wurden im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Instrumenten für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel“ (AZ 31164-33/0) durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

Dennis, P.; Bogers, M.M.B.; Bunce, R.G.H.; Herzog, F.; Jeanneret, P. (2012): Biodiversity in organic and low-input farming systems. Handbook for recording key indicators. Alterra report, 2308; Alterra, Wageningen.

Bunce, R.G.H.; Bogers, M.M.B.; Roche, P.; Walczak, M.; Geijzendorffer I.R.; Jongman, R.H.G. (2011): Manual for Habitat and Vegetation Surveillance and Monitoring: Temperate, Mediterranean and Desert Biomes. Alterra-Report, 2154; Alterra, Wageningen.

Jordan, D.; Miles, R.J.; Hubbard, V.C.; Lorenz, T. (2004): Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in Sanborn Field: a 115-year-old agricultural field; Pedobiologia 48, 99-110.

Jung, M. (2012): LecoS - A QGIS plugin to conduct landscape ecology statistics.

Lagerlöf, J.; Goffre, B.; Vincent, C. (2002): The importance of field boundaries for earthworms (Lumbricidae) in the Swedish agricultural landscape; Agriculture, Ecosystems and Environment 89, 91-103.

R Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 111–112 (2015)

Exemplarische Umsetzung der dunkelgrünen Biodiversitätsmaßnahme „Naturschutzbrache“ in vier landwirtschaftlich geprägten Regionen des Norddeutschen Tieflandes

Johannes Hufnagel[1)], Verena Hammes[2)], Johannes Isselstein[2)], Manfred Kayser[2)], Robert Nuske[3)], Nikolai Svoboda[1)] und Peter Zander[1)]

[1]Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V, Müncheberg; [2]Georg-August-Universität, DNPW, Abteilung Graslandwirtschaft, Göttingen; [3]Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen. E-Mail: *jhufnagel@zalf.de*

Einleitung

Der anhaltende Rückgang der Biodiversität auf landwirtschaftlich genutzten Flächen gilt als große Herausforderung der heutigen Zeit. „Greening“ wurde etabliert, um diesen Rückgang in intensiv genutzten Agrarlandschaften aufzuhalten bzw. zu verlangsamen, wird jedoch verbreitet als wenig wirksam eingeschätzt (Jasper & Ribbe, 2015). Als Alternative schlagen Berger et al (2006) die Etablierung sogenannter „Naturschutzbrachen“ (NBR) vor. Die „dunkelgrüne“ Bewirtschaftung dieser Flächen ist zielorientiert und soll Agrarzönosen effektiv fördern.

Im Forschungsprojekt „NaLaMa-nT“ wurde im Rahmen eines Biodiversitäts-Szenario die Anlage von NBR auf 10% der landwirtschaftlichen Fläche von vier, durch intensive Landwirtschaft geprägte Regionen simuliert. Ziel war eine die Biodiversität fördernde, standort- und regionalspezifische Ausgestaltung der NBR sowie die Ausarbeitung und Formalisierung der dafür notwendigen pflanzenbaulichen Maßnahmen. Weiterhin wurden die durch die NBR entstehenden Kosten, Ertrags- und Einkommensverluste auf regionaler Ebene im Vergleich zu einem „Business-as-usual-Szenario (BAU)“ analysiert.

Material und Methoden

Das “Biodiversitätsszenario“ wurde in den Landkreisen ‚Diepholz‘, ‚Uelzen‘, ‚Fläming‘ und ‚Oder-Spree‘ auf 10 % der Acker- und Grünlandfläche umgesetzt. Die Fruchtartenverteilung in den Regionen wurde anhand der Landwirtschaftszählung beschrieben. Anhand der BÜK 1000 (Richter et. al. 2007), und der Reichsbodenschätzung wurden regionenübergreifend 5 Ertragsklassen (EK) gebildet. Den EKs wurde ein mittleres Ertragsniveau, detaillierte fruchtartenspezifische Produktionsverfahren sowie eine typische Fruchtfolge zugeordnet. Geeignete NBR für Ackerflächen, ihre zugehörigen Managementtypen sowie ihre Bewirtschaftung wurden Berger & Pfeffer (2011) entnommen. Die NBR der Ackerflächen wurden in den Regionen wie folgt verteilt: in Streifen entlang von Gewässern und an südwestlich ausgerichteten Waldrändern, die an Äcker grenzen, flächig zu jeweils festen 1% auf die Ertragsklassen 2 bis 4 sowie zu zirka 5 % auf die ärmsten Sande. Die NBR im Grünland und ihre Bewirtschaftung basieren auf Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Agarumweltmaßnahmen (AUM) des NABU (2013) und Expertenwissen. Um eine maximale Artendiversität für Fauna und Flora zu erreichen, wurde das Biodiversitätsszenario jeweils zur Hälfte auf trockenen und feuchten bis nassen Standorten durchgeführt. Hierbei wurden aus jeder AUM für Grünland, die nach Expertenmeinung wichtigsten Maßnahmen mit den dazugehörigen Parametern Düngern, Viehbesatz, Beweidungsform, Mahdtechnik und –profil herausgesucht und

an den jeweiligen Standort angepasst. In den NBR sind Verfahren wie Umbruch, Pflanzenschutz, Neuansaat u.a. zu unterlassen.
Die Ökonomie nutzt einen einzelbetrieblichen, linearen Modellierungsansatz (Zander & Kächele, 1999), wobei die Betriebstypologie auf INVEKOS Daten von 2010 basiert. Jede Modellregion wird durch 15 – 46 Betriebstypen repräsentiert, die auf die Region hochgerechnet werden. Das Verfahren wurde statistisch abgesichert, von Experten zusammengestellt und mit KTBL-Daten untersetzt. Im Biodiversitätspfad werden Prämien in Höhe aktueller Flächenbeihilfe unterstellt – inkl. für Greening.

Ergebnisse und Diskussion

Der Flächenanteil der NBRs in den Regionen entlang von Gewässern reicht von 0,96 (Fläming) bis 1,68 % (Diepholz) der AF, der entlang von Waldrändern von 0,36 (Diepholz) bis 1,26 % (Oder-Spree). Die Anlage von 10 % NBR im „Biodiversitätsszenario“ ergeben im Vergleich zum „Business-as-usual-Szenario“ auf regionaler Ebene Ertragsverluste von 8 bis 15 dt TM je Hektar Gesamtackerfläche und 2 bis 7 dt TM je Hektar Gesamtgrünlandfläche in den Regionen. Die Kosten für Anlage und Bewirtschaftung der NBR liegen im Durchschnitt der Maßnahmen zwischen 145 und 153 € je Hektar NBR. Die Einkommensverluste, berechnet aus dem entgangenem Einkommen und den Kosten für die Anlage und Bewirtschaftung der NBR selbst, variieren je nach Region und Betriebstyp zwischen 137 und 318 € je Hektar NBR; dies entspricht 14 bis 31 € je Hektar der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in der jeweiligen Region. Ertrags- und Einkommensverluste sind höher in Regionen mit hohen Erträgen und hohen Deckungsbeiträgen (Uelzen, Diepholz: Kartoffel, Zuckerrübe) als in solchen mit niedrigen Erträgen und niedrigen Deckungsbeiträgen (Fläming, Oder-Spree: vor allem Getreide). Dort wo das Modell aufgrund niedriger Erträge Brachen im BAU-Szenario prognostiziert, führen die NBR zu den geringsten Einkommensverlusten. Für Grünland gilt ähnliches: In den Regionen intensiver Grünlandwirtschaft (Diepholz, Uelzen) sind die Ertragsverluste höher als in solchen mit weniger intensiver Bewirtschaftung (Fläming, Oder-Spree).

Literatur

Berger, G., Kaechele, H., Pfeffer, H. (2006): The greening of the European common agriculture policy by linking the European-wide obligation of set-aside with voluntary agri-environmental measures on a regional scale. In: Environmental Science & Policy 9, 509-524

Berger, G. & Pfeffer, H. (2011): Naturschutzbrachen im Ackerbau. Anlage und optimierte Bewirtschaftung kleinflächiger Lebensräume für die biologische Vielfalt – Praxishandbuch. Natur & Text, Rangsdorf: 160S.

Jasper, U. & Ribbe, L. (2015): Das Greening ist da – es muss scharf gestellt werden. In: Natur und Landschaft, Heft 6, 254 – 257.

NABU (2013): Weiterentwicklung der Agrarumweltmaßnahmen – Mehr Naturschutz in den ländlichen Entwicklungsprogrammen bis 2020. NABU – Germany. http://www.agrarbuendnis.de/fileadmin/Daten−KAB/ELER_Netzwerk/2013_08_20/22-6_2013_nabu-broschuere-agrarumwelt.pdf

Richter et al. (2007): Erläuterungen z. Nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, 1:1 000000 (BÜK 1000N, 2.3) Hannover

Zander, P. & Kächele, H. (1999): Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. In: Agricultural Systems 59, 311-325. Exeter.

Das Projekt NalaMa-nT wurde gefördert durch das BMBF (FKZ 033L029H).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 113–114 (2015)

Regionalisierte Erfassung von Nutzungsintensitäten im Grünland mittels Radartechnik

Kerstin Grant[1], Robert Siegmund[2], Melanie Wagner[2], Christof Kluß[3], Antje Herrmann[3], Friedhelm Taube[3] und Stephan Hartmann[1]

[1]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising;
[2]GAF AG, München,
[3]Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
E-Mail: *Kerstin.Grant@lfl.bayern.de*

Einleitung

Flächendeckende Grünlanderträge werden zurzeit auf Basis von Stichproben und Expertenwissen abgeschätzt. Daher ist die Entwicklung einer kostengünstigen und praktikablen Methode zur Erhebung von Ertragszahlen nötig. Schnitttermin und Schnitthäufigkeit sind wichtige ertragsbestimmende Faktoren und werden als Eingangsdaten für Ertragsmodellierungen benötigt. Eine flächenhafte Erfassung der Schnitttermine und -häufigkeit kann dazu beitragen, Ertragsschätzungen zu präzisieren. Veränderung auf der Erdoberfläche können gut mit Methoden der Fernerkundung erfasst werden. Eine durch Schnittnutzung verursachte Veränderung im Grünlandbestand kann z.B. zu unterschiedlicher Radarwellenrückstreuung führen. In dieser Studie wird gezeigt, wie durch den Vergleich zeitlich nah aufeinanderfolgender Radaraufnahmen Schnittereignisse detektiert und zeitlich eingeordnet werden können. Weiterhin wurde in dieser Studie das Ertrags- und Qualitätsmodell FORPROQ (Herrmann et al., 2005) auf verschiedene Grünlandtypen im Testgebiet angepasst.

Material und Methoden

Als Datengrundlage dieser Studie dienten Radaraufnahmen des COSMO-SkyMed Systems (CSK) sowie Sentinel-1A Aufnahmen, die ein Testgebiet südöstlich von München abdecken. Die Systeme unterscheiden sich u.a. in ihrem Aufnahmemodus, Wellenlänge, Polarisation und Pixelauflösung. Die CSK-Aufnahmen sind kommerzielle Daten, die für diese Studie von e-GEOS zur Verfügung gestellt wurden. Die Sentinel-1 Daten sind frei verfügbare Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogrammes Copernicus. Die Radaraufnahmen wurden orthorektifiziert und radiometrisch kalibriert. Die Grauwerte der Radaraufnahmen geben die Radarsignalstärke wieder und wurden für jede Grünlandfläche aus den Rasterdaten extrahiert und Mittelwerte pro Aufnahme und Fläche berechnet. Für die Feststellung von Ertrags- und Qualitätsverläufen wurde während der Vegetationsperiode 2014 an sechs Standorten in regelmäßigen Abständen Proben genommen. Zur Ertrags- und Qualitätsmodellierung wurde das Modell FORPROQ (Herrmann et al., 2005) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Vergleich der Radaraufnahmen sind Oberflächenveränderungen in den Grünlandflächen sowohl in den hochaufgelösten CSK-Daten als auch in den weniger gut aufgelösten Sentinel-1A Daten ersichtlich. Diese Veränderungen wurden durch Schnittnutzungen im Grünland verursacht, welche durch *in situ* Beobachtungen verifiziert werden konnten. Visuell erkennt man eine Veränderung in der Intensität, die auf den Schnitt des Grünlandes hinweisen (Abb. 1). Durch die Betrachtung der

Differenz der Grauwert-Mittelwerte werden Änderungen in der Rückstreuintensität in den einzelnen Flächen zwischen zwei Aufnahmen objektiv erkennbar.

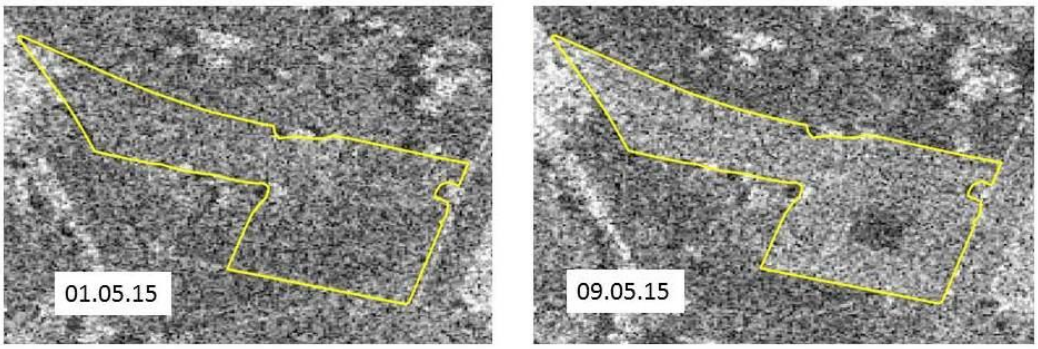


Abb.1: Veränderung der Radarrückstreuintensität (Wechsel dunkel- zu hellgrau) verursacht durch Grünlandschnitt (Aufnahmen des COSMO-SkyMed Systems)

In dieser Studie konnten im Oktober 2014 74% aller bekannten Schnitte mit beiden SAR Systemen trotz ihrer unterschiedlichen Aufnahmegeometrien bei einem Vergleich von 12 Tage auseinander liegenden Aufnahmen erfasst werden. Mit CSK Aufnahmen (4-7 Tage auseinander liegend) wurden 90% der aller Schnitte detektiert.

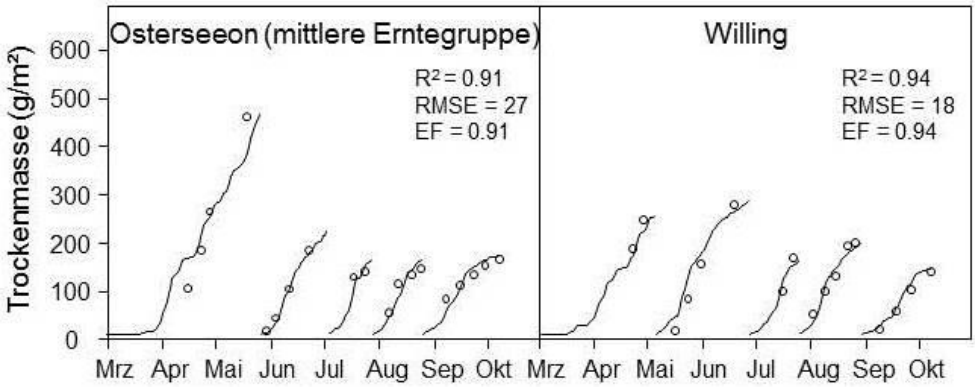


Abb.2: Modellierte Ertragskurven und erhobene Erträge (Punkte) an ausgewählten Standorten im Testgebiet für 2014; Modellgüte quantifiziert mittels R^2, root mean square error (RMSE) und modelling efficiency (EF)

Die im Jahr 2014 erhobenen Erträge sowie die modellierte Ertragskurven der Standorte Osterseeon und Willing sind in Abb. 2 dargestellt. Trotz unterschiedlicher Ertragsanteile der Arten (Osterseeon: 100% *Lolium perenne*, Willing: 79% Gras, 6% Kraut, 15% Klee) zeigt sich eine stabile Ertragsmodellierung mit R^2 Werten von 0.91 bzw 0.94.

Durch eine Kombination der satellitengestützten Schnittterminerfassung mit dem Ertragsmodell können in Zukunft Grünlanderträge flächendeckend und kostengünstig geschätzt werden.

Literatur

Herrmann, A., Kelm, M., Kornher, A. & Taube, F. (2005): Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather—a simulation study, European Journal of Agronomy 22, 141-158.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 115–116 (2015)

Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion auf hoch produktiven Standorten – Erträge und Treibhausgasemissionen aus Feldversuchen

Anna Jacobs[1], Wiebke Brauer-Siebrecht[1], Olaf Christen[2], Philipp Götze[2], Jan Rücknagel[2] und Heinz-Josef Koch[1]

[1]Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; [2]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
E-Mail: *jacobs@ifz-goettingen.de*

Einleitung

Wie alle landwirtschaftlichen Systeme muss auch die Produktion von Biogas den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung gerecht werden. Dies betrifft neben der Biogasproduktion auch den Biomasseanbau. Derzeit ist Silomais das meistgenutzte Biomasse-Substrat und der verstärkte Anbau ruft soziale und ökologische Probleme hervor. Das Verbundprojekt "Die Zuckerrübe als Energiepflanze in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten – eine pflanzenbaulich/ökonomische Systemanalyse" untersucht, ob und mit welchen Konsequenzen die Zuckerrübe eine Substrat-Alternative für die Biogasproduktion bietet (Jacobs et al., 2014). In fünf Beiträgen werden abschließende Ergebnisse präsentiert; hier werden Treibhausgas (THG)-Emissionen, die durch Anbau der Biomasse entstehen, ins Verhältnis zum Methanertrag gesetzt.

Material und Methoden

Datengrundlage bilden Feldversuche an drei Standorten (Aiterhofen, Harste, Etzdorf) der Jahre 2011-2014 (Jacobs et al., 2014). Silomais und Zuckerrüben wurden als Biomasse im Daueranbau und in Fruchtfolgen mit Winterweizen angebaut (Tabelle 1). Der nicht-praxistaugliche Daueranbau von Zuckerrüben wurde aus methodischen Gründen mit geprüft. Der theoretische Methanhektarertrag (Weißbach, 2008, 2009) und die THG-Emissionen (De Klein et al., 2006; IFEU, 2013) wurden berechnet. Im Gärrest gebundene Nährstoffe, die mineralische Dünger ersetzen, wurden als Gutschrift angerechnet. Die THG-Intensität ergab sich aus dem Verhältnis von Emission zu energetischem Ertrag, der für Silomais und Zuckerrüben der Methanhektar- und für Winterweizen der Kornertrag war.

Ergebnisse und Diskussion

Die Methanerträge aus Silomais lagen im Mittel bei 6.837-8.782 Nm^3 ha^{-1} und waren geringfügig höher als aus in Fruchtfolgen angebauten Zuckerrüben mit 6.204-7.861 Nm^3 ha^{-1} (nicht gezeigt). Begründet lag dies in entsprechend höheren Trockenmasseerträgen. Die THG-Emissionen (inkl. Gärrestgutschrift) für den Anbau von Silomais und Zuckerrüben lagen bei 1,5-2,9 t CO_2eq ha^{-1} bzw. 2,2-2,7 t CO_2eq ha^{-1} und wurden hauptsächlich verursacht durch N_2O-Emissionen aus N-Einträgen durch Dünger und Erntereste (Anteil an Gesamtemission: Silomais 72-95%, Zuckerrüben 63-74%) (nicht gezeigt). Der Anbau von Silomais für die Biogasproduktion erreichte, aufgrund der höheren Methanerträge und Emissions-Gutschriften, geringere THG-Intensitäten, jedoch war der Unterschied zum Zuckerrübenanbau meist nicht signifikant (Tabelle 1).

Tabelle 1: Treibhausgasintensität (Emission:Energieertrag) von Silomais (SM), Zuckerrüben (ZR) und Winterweizen (WW) in Fruchtfolgen sowie Fruchtfolge-Durchschnitte (inkl. Zwischenfruchtanbau) an drei hoch produktiven Standorten (2011-2014); Mittelwerte (n = 4) und Standardabweichung.

	Treibhausgasintensität (kg CO_2eq GJ^{-1})							
	Fruchtfolgen						Daueranbau	
Aiterhofen	ZR:	7,7 ± 0,4[a]	SM:	8,2 ± 2,8[a]	SM:	8,3 ± 2,1[a]	SM:	11,6 ± 1,1*
	WW:	25,3 ± 1,1	WW:	25,4 ± 2,1	ZR:	9,8 ± 1,6[a]		
	WW:	31,0 ± 3,1	WW:	32,0 ± 4,0	WW:	25,3 ± 1,0		
Fruchtfolge-Durchschnitt		19.3 ± 1.2[A]		19,0 ± 2,5[A]		15,8 ± 1,9[A]		
Harste	ZR:	10,1 ± 1,5[abc]	SM:	6,0 ± 1,6[c]	SM:	6,0 ± 1,3[c]	SM:	8,1 ± 1,7[bc D]
	WW:	24,2 ± 2,9	WW:	26,3 ± 4,1	ZR:	12,1 ± 1,8[ab]	ZR:	13,2 ± 3,1[a CD]
	WW:	28,1 ± 5,3	WW:	28,3 ± 5,3	WW:	23,5 ± 3,4	WW:	29,1 ± 4,4[A]
Fruchtfolge-Durchschnitt		20.7 ± 2.4[B]		18,8 ± 3,2[BC]		13,8 ± 1,9[CD]		
Etzdorf							SM:	7,7 ± 2,3[b B]
							ZR:	32,8 ± 24,0[a A]
							WW:	21,3 ± 1,2[A]

* Nicht in statistische Auswertung einbezogen, da nur in 2012-2014 realisiert.
Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen SM und ZR in verschiedenen Fruchtfolgen an einem Standort; unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Fruchtfolge-Durchschnitten an einem Standort ($p \leq 0,05$).

Für eine ganzheitliche Bewertung ist zusätzlich der Durchschnitt der THG-Intensität der gesamten Fruchtfolge zu bewerten: Je geringer der Anteil an Winterweizen in der Fruchtfolge, desto niedriger der Wert – auch hier selten als signifikanter Unterschied angezeigt (Tabelle 1). Der Anbau von Zuckerrüben als Biomasse bietet somit eine THG-effiziente Alternative zum Silomais. Jedoch muss weiterhin die Biogasproduktion selbst in die Bewertung einbezogen werden. Im Rahmen des Beitrags sollen auch THG-Minderungspotentiale der Biogasproduktion aus Silomais und Zuckerrüben diskutiert werden.

Literatur

De Klein, C. et al., 2006. N_2O emissions from managed soils and CO_2 emissions from lime and urea application. in: Eggleson, 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. $ENZO_2$ – Treibhausgasrechner für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger. Version 1.3.
http://www.ifeu.de/index.php?bereich=nac&seite=ENZO2, Juni 2013.

Jacobs, A. et al., 2014. The sugar beet as an energy crop in crop rotations on highly productive sites - an agronomic/economic system analysis. Sugar Ind 139, 117-127.

Weißbach, F., 2008. On Assessing the Gas Production Potential of Renewable Primary Products. Landtechnik 63, 356-358.

Weißbach, F., 2009. Gas production potential of fresh and ensiled sugar beets in biogas production. Landtechnik 64, 394-397.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 117–118 (2015)

Die regionalisierte Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe für die Biogasproduktion aus ökonomischer und ökologischer Perspektive in Deutschland

Sebastian Auburger[1], Anna Jacobs[2] und Enno Bahrs[1]

[1]Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart; [2]Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: *sebastian.auburger@uni-hohenheim.de*

Einleitung

In Deutschland sind derzeit rund 8.000 Biogasanlagen in Betrieb. Das wichtigste Substrat, aufgrund seiner hohen Trockenmasseerträge und seiner kostengünstigen Verfahrenskosten, stellt Silomais dar. Regional hohe Anbaukonzentrationen gehen einher mit ökologischen Bedenken (Erosionsgefährdung, Reduktion der Biodiversität) und führen gleichfalls zu gesellschaftlichen Akzeptanzproblemen der Biogasproduktion als erneuerbare Energiequelle. Als Alternative zu Silomais mit ähnlich hohen Methanhektarerträgen kann die Zuckerrübe als Energiepflanze dienen (Gissén et al. 2014). Für den Produzenten stehen insbesondere die Produktionskosten je kWh im Fokus der Betrachtung. Diese hängen von Standortvoraussetzungen, wie z.B. Erträgen, Schlaggrößen oder auch Transportentfernungen ab. Aus gesellschaftspolitischer Perspektive sind die ökologischen Konsequenzen unterschiedlicher Energiefrüchte z. T. wichtiger.
Das FNR Verbundprojekt „Die Zuckerrübe als Energiepflanze in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten für die Biogasproduktion – eine pflanzenbaulich/ökonomische Systemanalyse“ versucht in einem holistischen Ansatz diese Faktoren zu bewerten. Die Feldversuche des Verbundprojekts werden an drei Hochertragsstandorten (Aiterhofen (Straubing), Harste (Göttingen) und Etzdorf (Halle) durchgeführt.

Material und Methoden

Datengrundlage für die Berechnungen sind rund 8.000 georeferenzierte Biogasanlagen. In einem ökonomisch-ökologischen Modellansatz werden zuerst die regionalen variablen Produktionskosten von Silomais, Zuckerrüben, Winterweizen - Ganzpflanzensilage (GPS) und Winterweizen-Korn (WW) berechnet. Hierzu wurden durchschnittliche Landkreiserträge (2008-2012) (Statistisches Bundesamt 2014), unterschiedliche Schlaggrößen und Transportentfernungen in Abhängigkeit des Bundeslandes und der installierten Leistung der Biogasanlage angenommen. Ernte- und Transportarbeiten werden annahmegemäß von Lohnunternehmern durchgeführt. Die Kosten hierzu orientieren sich an den Richtsätzen der Maschinenringe. Übrige Arbeiten werden der KTBL Datenbank entnommen (KTBL 2014). Die berechneten Substratbereitstellungskosten dienen als Grundlage für ein lineares Modell, dass anlagenspezifisch die notwendigen Substratmengen zu minimierten Substratbereitstellungskosten berechnet. Die berechneten Substratmengen dienen in einem letzten Schritt zur Berechnung von Treibhausgasemissionen je produzierter kWh Strom (funktionelle Einheit). Die anlagenscharfen Ergebnisse werden abschließend auf Deutschland als gewichteter Mittelwert aggregiert, wenngleich auch eine regional differenziertere Auswertung möglich ist. Die Treibhausgasberechnung stützt sich im Wesentlichen auf die ENZO2 Datenbank (Köppen et al. 2014) und ist als cradle to grave Ansatz in das Modell integriert. Im Rahmen einer

Szenariorechnung wurden neben dem betriebswirtschaftlichen Optimum auch 25 Masseprozent Zuckerrüben in die Futterrationen der Biogasanlagen „gezwungen“, um die Auswirkungen eines erhöhten Zuckerrübeneinsatzes in Biogasanlagen auf die Treibhausgasemissionen zu quantifizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Die ökonomische Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe wird anhand der berechneten Substrateinsatzmengen beurteilt (**Tabelle 2**). Es zeigt sich, dass Zuckerrüben nur in Ausnahmefällen in die Lösung aufgenommen werden. D.h., sie hat i.d.R. eine im Durchschnitt geringere ökonomische Konkurrenzfähigkeit insbesondere gegenüber Silomais. Dem Modell liegt die Annahme einer Lagunenlagerung für Zuckerrübenmus

Tabelle 2: Berechnete Substrateinsatzmengen für die Biogasproduktion in Tonnen Frischmasse pro Jahr

	Silomais	Zuckerrüben	GPS	WW	Wirtschaftsdünger
Deutschland	42.671.347	2.478.204	12.916.226	51.751	27.507.767

mit 15 % Energieverlusten im Lager und zusätzlich 7 Euro pro Tonne Lagerkosten zugrunde. In der Praxis können jedoch unterschiedliche Verfahren der Zuckerrübenlagerung bzw. –fütterung für Biogasanlagen (z.B. Frischverfütterung, Mischsilagen etc.) beobachtet werden. Diese Systeme sind durch unterschiedliche Verlustraten und Lagerkosten gekennzeichnet. Werden im Modell die Aufbereitungs- und Lagerkosten auf 1 Euro/t, reduziert steigt der Zuckerrübeneinsatz in Deutschland. auf 35.460.559 Tonnen, bei maximal 40 Masseprozent in der Ration.

Aus ökologischer Perspektive emittieren Biogasanlagen im Schnitt 0,161 $kgCO_2eq/kWh_{el}$. Werden mindestens 25 Masseprozent Zuckerrüben in die Rationen der Biogasanlagen gezwungen, erhöht sich dieser Wert auf 0,163 $kgCO_2eq/kWh_{el}$. Ausschlaggebend hierfür ist aufgrund niedrigerer Methanhektarerträge der höhere Flächenbedarf für den Substratanbau. Im nationalen Durchschnitt zeigt dies eine geringere ökologische Konkurrenzfähigkeit der Zuckerrübe an.

Die genannten Ergebnisse sind vor dem Hintergrund von Modellrechnungen zu interpretieren und können einzelbetriebliche Kalkulationen und ausreichende Sensitivitätsrechnungen nicht ersetzen. Gleichwohl detektiert das Modell Vorzugsregionen, die sich sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Perspektive anbieten, den Einsatz von Zuckerrüben in der Biogasproduktion näher ins Auge zu fassen. Abschließend kann festgehalten werden, dass die berechneten Emissionen aus der Stromproduktion aus Biogas weit niedriger sind als der Durchschnitt des Strommix Deutschland (0,595 $gCO2eqkWh^{-1}$) (Icha 2014).

Literatur

Gissén, Charlott et al. (2014): Comparing energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. In: *Biomass and Bioenergy* 64, S. 199–210, zuletzt geprüft am 05.06.2014.

Icha, Petra (2014): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2013. Umweltbundesamt (Climate change 2001, 23.)

Köppen, Susanne; Hennecke, Anna; Horst, Fehrenbach (2014): ENZO2 Greenhouse gas calculation tool. For biofuels and bioliquids. Manual. Hg. v. ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Heidelberg, zuletzt geprüft am 22.07.2014.

KTBL, Leistungs- Kostenrechner Pflanzenbau, Darmstadt, 2014.

Statistisches Bundesamt (2014): Regionaldatenbank. Ernte- und Betriebsberichterstattung. Flensburg

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 119–120 (2015)

Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion auf hoch produktiven Standorten - Auswirkungen auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit

Philipp Götze[1], Jan Rücknagel[1], Anna Jacobs[2], Heinz-Josef Koch[2] und Olaf Christen[1]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg/ Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökol. Landbau, Halle; [2]Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: *philipp.goetze@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Für die Biogaserzeugung vorteilhaft ist der Anbau von Kulturarten, welche flächenbezogen die höchsten Methanerträge und somit die höchsten Trockenmasseerträge erzielen. In diesem Zusammenhang stellen Zuckerrüben unter mitteleuropäischen Bedingungen eine Alternative zu Silomais dar. Der Anbau von Kulturarten zur Biogaserzeugung muss dabei den Kriterien einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion gerecht werden. Im Sinne des Bodenschutzes bedeutet dies eine Sicherung der Bodenfruchtbarkeit, was unter anderem ausgeglichene Humus- und Nährstoffbilanzen sowie die Vermeidung von Bodenschadverdichtungen beinhaltet. In diesem Beitrag soll der Einfluss von Zuckerrüben (ZR) in Fruchtfolgen mit Winterweizen (WW) und Silomais (SM) sowie der Daueranbau dieser Kulturen auf die Humusbilanz (HB) und das Bodenschadverdichtungsrisiko (BSR) dargestellt werden.

Material und Methoden

Die Berechnungen erfolgen mit dem Betriebsbilanzierungsprogramm REPRO (Hülsbergen, 2003). Datengrundlage für die Kalkulation der HB sind die Ertrags- und Anbaudaten aus Feldversuchen an drei hochproduktiven Standorten (Harste, Etzdorf, Aiterhofen) aus den Jahren 2011-2014. Für die Modellierung des BSR nach der Methode von Rücknagel et al. (2015) werden ebenso die Anbaudaten der Feldversuche (2010-2012) sowie die Radlasten (bei 100% Bunkerfüllung) praxisüblicher Technik von Modellbetrieben mit regionaltypischer Betriebsgröße verwendet. Das BSR wird für 2 Bodentiefen (20 und 35 cm) und für alle Fruchtfolgefelder berechnet. Es wird der Median aus den Fruchtfolgefeldern für die gesamten Fruchtfolgen angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Die HB-Salden steigen mit zunehmendem Anteil an WW bzw. abnehmenden Anteil an SM und/oder ZR in der Fruchtfolge an (Tab. 1). Zwischen den Standorten sind Unterschiede in der Höhe der HB-Salden geringer ausgeprägt. Hier zeigt der Standort Etzdorf bei den ZR- und SM-Daueranbauvarianten den höchsten Humusbedarf (negativste HB).

Das BSR für die untersuchten Fruchtfolgen ist für die Standorte Harste und Aiterhofen für 20 cm Bodentiefe mittel; für 35 cm Bodentiefe ist kein BSR vorhanden (Harste) bzw. gering (Aiterhofen). Im Bezugszeitraum unterscheiden sich die Fruchtfolgen in ihrem BSR nur gering. Bei den Daueranbauvarianten sind jedoch deutliche Unterschiede zwischen den Standorten vorhanden. Für den Standort Etzdorf werden hier deutlich höhere BSR ermittelt als für die anderen Standorte. Das kann zum einen auf die unterschiedliche Technikausstattung und zum anderen auf einen ungünstigeren Verlauf des Bodenwassergehaltes im Bezugszeitraum

zurückgeführt werden. Das BSR steigt in Etzdorf in der Reihenfolge WW-, SM- und ZR-Daueranbau an. Für den Standort Harste liegt ebenfalls für den ZR-Daueranbau ein hohes BSR vor.

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse geringere BSR und ausgeglichenere HB des Anbaus von ZR in Fruchtfolgen als im Daueranbau und nur geringe Unterscheide im Vergleich zum SM-Anbau.

Tabelle 1: Humusbilanz (HB) und Bodenschadverdichtungsrisiko (BSR) unterschiedlicher Fruchtfolge- und Daueranbauvarianten an den Standorten Harste, Etzdorf und Aiterhofen (Zeiträume HB: 2011-2014; BSR: 2010-2012; ZR - Zuckerrübe, SM - Silomais, WW - Winterweizen)

Variante	Harste		Etzdorf		Aiterhofen	
	HB [kg Humus-C ha^{-1} $Jahr^{-1}$]					
Senf_ZR-WW-WW	-44		--		-20	
Senf_SM-WW-WW	-49		--		1	
ZR-WW-Senf_SM	-318		--		-323	
ZR-Daueranbau	-566		-906		--	
SM-Daueranbau	-661		-831		-415	
WW-Daueranbau	160		9		--	
BSR [0-0.1 gering, 0.1-0.2 mittel, 0.2-0.3 hoch, 0.3-0.4 sehr hoch, > 0.4 extrem hoch]						
Tiefe	20 cm	35 cm	20 cm	35 cm	20 cm	35 cm
Senf_ZR-WW-WW	0.14	0.00	--	--	0.14	0.03
Senf_SM-WW-WW	0.13	0.00	--	--	0.11	0.03
ZR-WW-Senf_SM	0.14	0.00	--	--	0.13	0.03
ZR-Daueranbau	0.22	0.00	0.54	0.26	--	--
SM-Daueranbau	0.09	0.00	0.34	0.05	0.10	0.00
WW-Daueranbau	0.06	0.00	0.24	0.01	--	--

Literatur

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Shaker Verlag, Achen.

Rücknagel, J., Hofmann, B., Deumelandt, P., Reinicke, F., Bauhardt, J., Hülsbergen, K.-J., Christen, O. (2015): Indicator based assessment of the soil compaction risk at arable sites using the model REPRO. Eclog. Ind. 52, 341-352.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 121–122 (2015)

Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben auf Löss-geprägten Standorten in Deutschland

Daniel Laufer[1], Bernhard Loibl[2], Gero Schlinker[3], Frank Schmitz[4] und Heinz-Josef Koch[1]

[1]Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen; [2]Südzucker AG, Geschäftsbereich Landwirtschaft/Rohstoffmärkte, Dr.-Josef-Holik-Str. 8, 97199 Ochsenfurt; [3]ARGE NORD, Helene-Künne-Allee 5, 38122 Braunschweig; [4]Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Bonner Str. 2, 53879 Euskirchen. Email: *Laufer@ifz-goettingen.de*

Einleitung

Streifenbearbeitung ist ein nichtwendendes Bodenbearbeitungsverfahren, bei dem nur die späteren Saatreihen streifenweise gelockert werden. Auf den für den Zuckerrübenanbau in großen Teilen Deutschlands typischen Löss-geprägten Böden mit >12 % Tongehalt führt Streifenbearbeitung im Frühjahr durch hohe Wassergehalte und eine geringe Schüttfähigkeit des Bodens zu ungünstigen Saatbettbedingungen. Zusätzlich fördert eine unvollständige Rückverfestigung das Auftreten von Beinigkeit der Zuckerrüben (Sander, 2012).

Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, ob mit einer Streifenbearbeitung bei trockenem Bodenzustand im Spätsommer/Herbst des Vorjahres und der getrennten Aussaat im Frühjahr den genannten Problemen der Frühjahrsbearbeitung auf Lössböden entgegen gewirkt werden kann. Es wurde erwartet, dass die natürliche Bodensetzung während der Winterperiode sowie die Förderung der Bodengare durch Frost die Funktionssicherheit des Verfahrens erhöhen.

Material und Methoden

Um die Eignung des Verfahrens unter Boden- und Klimabedingungen charakteristischer Rübenanbaugebiete Deutschlands zu prüfen, wurden in den Versuchsjahren 2012/13 und 2013/14 insgesamt 21 Streifenversuche auf landwirtschaftlichen Praxisflächen durchgeführt. Der Tongehalt des Bodens variierte zwischen den Umwelten von 12 bis 30 %.

Die Streifenbearbeitung wurde zwischen September und Oktober bei Vorliegen einer möglichst optimalen Bodenfeuchte durchgeführt. Sie erfolgte in 13 Umwelten ohne vorherige Stoppelbearbeitung in die Ernterückstände der Vorfrucht (Abb. 1) und in den restlichen Umwelten in einen bestehenden Zwischenfruchtbestand oder nach flacher Stoppelbearbeitung. Eine weitere Bearbeitung im Frühjahr war nicht vorgesehen. Das betriebsübliche Bodenbearbeitungsverfahren, welches sich unter den jeweiligen Standortverhältnissen als langjährig optimal erwiesen hatte, diente als Kontrollvariante. Erfasst wurden Feldaufgang, Rübenertrag, technische Qualitätsparameter und der Anteil beiniger Rübenkörper.

Abb. 1: Streifenbearbeitung nach Getreidevorfrucht ohne vorherige Stoppelbearbeitung (Stroh im Feld belassen).

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der untersuchten Umwelten war der Feldaufgang bei Streifenbearbeitung 7 % niedriger als bei betriebsüblicher Bodenbearbeitung (Abb. 2a), was vermutlich auf eine unzureichende Qualität des Saatbetts zurückzuführen war. Obwohl in einigen Umwelten die Bestandesdichte bei Streifenbearbeitung tendenziell geringer war, konnte keine Korrelation zum Bereinigten Zuckerertrag festgestellt werden, vermutlich weil Abweichungen zwischen den Verfahren größtenteils innerhalb des Bereichs der optimalen Bestandesdichte von 82.000 bis 110.000 Pflanzen ha^{-1} lagen (Abb. 2b; Märländer,1990).

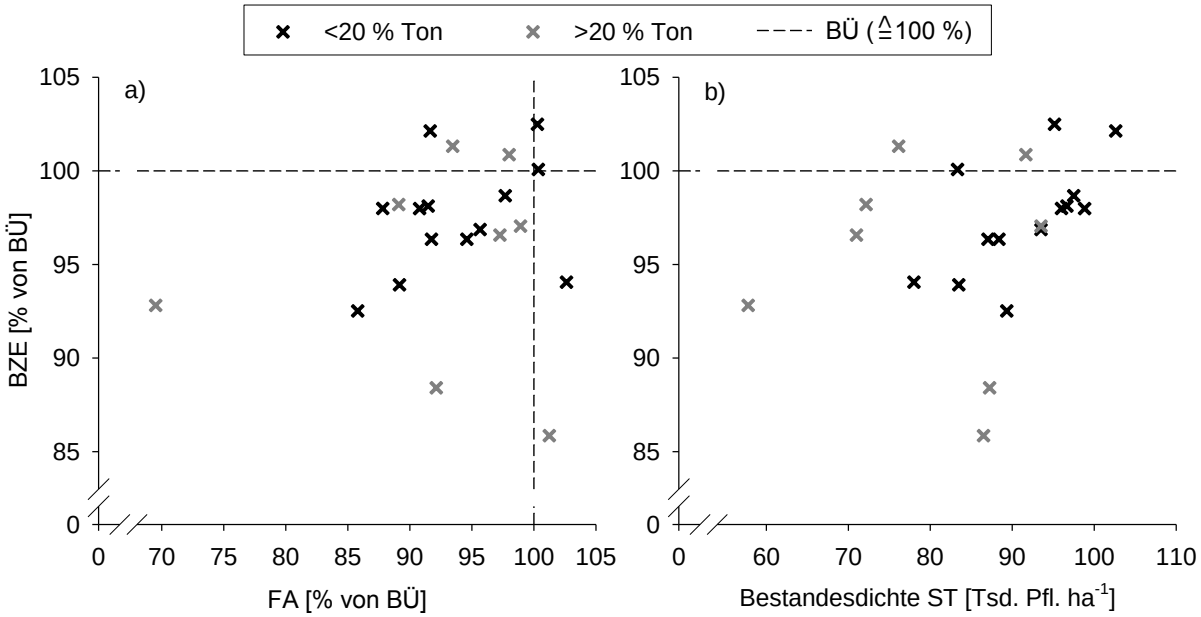


Abb. 2: a) Zusammenhang zwischen Feldaufgang (FA) und Bereinigtem Zuckerertrag (BZE) als relativer Unterschied zwischen Streifenbearbeitung (ST) und betriebsüblichem Bodenbearbeitungsverfahren (BÜ ≙100%). **b)** Zusammenhang zwischen der absoluten Bestandesdichte bei ST und dem BZE. Abgebildet sind Ergebnisse aus 21 Umwelten, aufgegliedert nach dem Tongehalt des Bodens.

Der Bereinigte Zuckerertrag bei Streifenbearbeitung war im Mittel über alle Umwelten um 3,5 % niedriger als bei betriebsüblicher Bodenbearbeitung. Umwelten mit >20 % Tongehalt im Boden neigten eher zu Mindererträgen gegenüber der betriebsüblichen Bodenbearbeitung als Umwelten mit einem Tongehalt <20 % (Abb. 2b), was vermutlich insbesondere durch eine verzögerte Jugendentwicklung bedingt wurde. Mögliche Ertragseffekte durch den Einfluss der partiellen Bodenbearbeitung auf Wassernutzung, Stickstoffverfügbarkeit und -aufnahme sowie Durchwurzelungsintensität des Bodens durch die Zuckerrüben sind weiterhin zu untersuchen.

Ein Effekt der Stoppelbearbeitung und/oder Zwischenfruchtaussaat vor der Streifenbearbeitung auf die Ertragsrelation der geprüften Bodenbearbeitungsverfahren war nicht erkennbar. Dies war unabhängig vom Tongehalt des Bodens der Fall. Die technologische Qualität und die Beinigkeit der Rübenkörper blieben vom Bodenbearbeitungsverfahren unbeeinflusst.

Literatur

Märländer, B. (1990): Einfluss der Bestandesdichte auf Ertrags- und Qualitätskriterien sowie über mögliche Ursachen der Konkurrenz in Zuckerrübenbeständen. J. Agron. Crop Sci. 164, 120-130.

Sander, G. (2012): Vorteile der Schlitzsaat nutzen. Zuckerrübe 61, 42-46.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 123–124 (2015)

Einfluss der Bodenstruktur auf den *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) und Quantifizierung des *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden mittels real-time PCR

S. Schulze, H.-J. Koch

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

Einleitung

Das bodenbürtige Pathogen *Rhizoctonia solani* (*R. solani* AG2-2IIIB) ist der Erreger der Späte Rübenfäule an Zuckerrübe. Ein starker Befall mit *Rhizoctonia* hat teilweise beträchtliche Ertragsverluste zur Folge, und tritt vor allem dann auf, wenn Mais als Vorfrucht in der Fruchtfolge angebaut wird (Buhre et al., 2009). Darüber hinaus wird angenommen, dass physikalische Bodeneigenschaften die Befallsstärke und die Ausbreitung von *Rhizoctonia* maßgeblich beeinflussen.

Für zahlreiche Anastomosegruppen (AG) aus dem *Rhizoctonia* Spezieskomplex, z. B. AG3 (Wurzeltöterkrankheit an Kartoffel) sind zur Quantifizierung des Inokulumpotentials im Boden bereits real-time PCR basierte Quantifizierungsmethoden vorhanden (Lees et al., 2002), bislang jedoch nicht für die für die Späte Rübenfäule relevante AG2-2IIIB.

Ziel dieser Untersuchung war es,
(i) das *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden mittels eines neuen real-time PCR Assays
(ii) den Einfluss unterschiedlicher Zuständen der Bodenstruktur und verschiedener Vorfrüchte auf den *Rhizoctonia*-Befall von zwei Zuckerrübengenotypen (anfällig, resistent gegenüber *Rhizoctonia*) und das *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden

zu quantifizieren.

Material und Methoden

An den Standorten Göttingen (Niedersachsen) und Haardorf (Niederbayern) wurden mehrfaktorielle Feldexperimente (4 Wiederholungen, Spaltanlage; Faktoren: Vorfrucht/Bodenbearbeitung (kombiniert, Haupteinheit), Zuckerrübengenotyp (Untereinheit) angelegt.

Die Versuchsflächen wurden vor Versuchsbeginn mit einem Gersteninokulum inokuliert. 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 eine differenzierte Bodenbearbeitung (Pflug 25 cm, Grubber 10 cm, Überrollung mit einer schweren Maschine + Grubber 5 cm) variiert.

Mit Hilfe von Bodenproben (Stechzylinder) aus dem Oberboden (7-12 cm) wurden physikalische Bodeneigenschaften bestimmt. Außerdem wurde der Eindringwiderstand des Bodens im Frühjahr nach der Aussaat gemessen.

Der *Rhizoctonia*-Befall der Zuckerrüben wurde durch Bonituren am Rübenkörper erfasst (Büttner et al., 2004). Zur Quantifizierung des *Rhizoctonia*-Inokulumpotentials wurden aus jeder Versuchsparzelle vor der Zuckerrübenaussaat und nach der Ernte repräsentative Bodenproben (0-15 cm) gezogen. Gesamt-DNA wurde mittels einer modifizierten Methode nach Woodhall et al. (2012) direkt aus 250 g Boden pro Parzelle extrahiert und die Menge an *Rhizoctonia*-DNA mit neu designten *Rhizoctonia* AG2-2IIIB-spezifischen Primern mittels real-time PCR bestimmt.

Zusammenhänge zwischen Kenngrößen der Bodenstruktur und dem *Rhizoctonia*-Inokulumpotential im Boden bzw. dem *Rhizoctonia*-Befall von Zuckerrüben wurden regressionsanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die differenzierte Bodenbearbeitung konnten die Struktureigenschaften des Bodens variiert werden. Der Eindringwiderstand war an beiden Standorten jeweils in der Pflugvariante am geringsten. Die Überrollung des Bodens mit anschließender flacher Bodenbearbeitung hatte den höchsten Eindringwiderstand zur Folge. Gleichgerichtet verhielten sich Gesamtporenvolumen, Luftkapazität und Pneumatische Leitfähigkeit, die jeweils dort am höchsten waren, wo der geringste Eindringwiderstand gemessen wurde.

In Haardorf war der Befall von Zuckerrüben mit *Rhizoctonia* beim anfälligen Genotyp mit 20 % befallener Wurzeloberfläche signifikant höher als beim resistenten Genotyp. In Göttingen lag der Befall bei beiden Genotypen bei lediglich 5 %. Das erreichte Befallsniveau war im Vergleich zu zahlreichen anderen Untersuchungen als gering einzuordnen. Ein Zusammenhang zwischen den physikalischen Bodenparametern und der *Rhizoctonia*-Befallsstärke war nicht zu erkennen. Dies war vermutlich auf das insgesamt niedrige Rhizoctonia-Befallsniveau zurückzuführen.

Die Quantifizierung des *Rhizoctonia*-Inokulumpotentials im Boden zeigte, dass der anfällige Genotyp die pilzliche Biomasse verglichen mit dem resistenten Genotyp und dem initialen Inokulumpotential (vor Zuckerrübenaussaat) signifikant erhöhte. Der resistente Genotyp sorgte für eine Verminderung des Inokulumpotentials, die allerdings nicht signifikant war. Es gab keinen Zusammenhang zwischen Inokulumpotential und Befallsstärke. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Literatur

Buhre, C., Kluth, C., Bürcky, K., Märländer, B., Varrelmann, M., 2009: Integrated control of Root and Crown Rot in sugar beet: combined effects of cultivar, crop rotation and soil tillage. Plant Dis. 93, 155-161.

Büttner, G., Pfähler, B., Märländer, B., 2004: Greenhouse and field techniques for testing sugar beet for resistance to Rhizoctonia root and crown rot. Plant Breeding 123, 158-166.

Lees, A.K., Cullen, D.W., Sullivan, L., Nicolson, M.J., 2002: Development of conventional and quantitative real-time PCR assays for the detection and identification of *Rhizoctonia solani* AG-3 in potato and soil. Plant Pathol. 51, 293-302.

Woodhall, J. W., Webb, K. M., Giltrap, P. M., Adams, I. P., Peters, J. C., Budge, G. E., Boonham, N., 2012: A new large scale soil DNA extraction procedure and real-time PCR assay for the detection of *Sclerotium cepivorum* in soil. Eur. J. Plant Pathol. 134, 467-473.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 125–126 (2015)

Auflockerung von Fruchtfolgen durch Kulturen mit kurzer Vegetationszeit

Daniela Schumann, Falko Stockmann und Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing;
E-Mail: *daniela.schumann@tfz.straubing.de*

Einleitung

Nach der Wintergetreideernte als Biogassubstrat öffnet sich im Sommer eine Vegetationslücke bis zur nachfolgenden Winterung. Oft scheint diese Zeitspanne für ein sicheres Erreichen der Siloreife von leistungsstarken Sommerkulturen wie Mais und Sorghum zu eng. Gegenstand eines dreijährigen Feldversuches ist die verbesserte Ausnutzung der kurzen Vegetationslücke zwischen zwei Winterungen. Damit soll die Flächenproduktivität gesteigert sowie abwechslungsreiche Fruchtfolgen und Agrarbiodiversität gefördert werden. Die wichtigsten Anforderungen an Kulturarten für einen späten Zweitfruchtanbau sind dabei einerseits ein geringer Vegetationszeitbedarf für ein zügiges und sicheres Abreifen sowie andererseits eine hohe Trockentoleranz. Diese ist entscheidend, da die Kultur in Erstfruchtstellung bereits vom Bodenwasser gezehrt hat. Ziel dieses Vorhabens ist es, geeignete Sommerkulturen zu prüfen, die sowohl diese Eigenschaften erfüllen, als auch ein hohes Ertragspotenzial, Ertragssicherheit und eine für die angestrebte Verwendung ausreichende Substratqualität erzielen.

Material und Methoden

Zu den ausgewählten Sommerkulturen zählen: Triticale, Triticale-Erbsen-Gemenge, Triticale-Wicken-Gemenge, Buchweizen, Quinoa, Sandhafer und Leindotter. Mais, Sorghum und Sommerraps dienen als Referenzfrüchte. Diese Kulturen wurden in einem Feldversuch nach Wintertriticale-GP zu zwei unterschiedlichen Terminen mit 20 Tagen Differenz ausgesät und vor Winterweizen einheitlich zu einem Termin beerntet. Die zwei Saattermine sollen die oben genannte Vegetationslücke in unterschiedlicher Dauer (115 und 95 Tage) simulieren. Die einheitliche Vorfrucht garantiert dabei identische Vorbedingungen für alle Prüfkulturen. Zur Beurteilung der Vorfruchtwirkung der Zweitkulturen, die für die Integrierbarkeit dieser Kulturen in Fruchtfolgen essenziell ist, wird die Folgekultur Winterweizen hinsichtlich Kornertrag und Mehlqualität untersucht.

Der Feldversuch wurde am Standort Aholfing (Ackerzahl 45, Bodenart sandiger Lehm, langj. Niederschlagssummenmittel 651 mm, langj. Temperaturmittel 8,3 °C) durchgeführt und in drei aufeinander folgenden Jahren wiederholt um Witterungseinflüsse mit zu berücksichtigen (3 Rotationen). Hierfür wurde eine Block-Spaltversuchsanlage mit vollständig randomisierten Blöcken gewählt. Jede Ernteparzelle (12,75 m^2) hat einen 1,25 m breiten Stirnrand und ist beidseitig von einer Randparzelle (12,75 m^2) flankiert. Neben den landwirtschaftlichen Produktionsschritten wie Aussaat, Düngung, Pflanzenschutzmittelapplikation und Ernte wurden laufend Bonituren durchgeführt sowie Pflanzen- und Bodenproben zur Ernte für die Inhaltsstoffanalyse entnommen. Im Sommer 2015 endet die erste Rotation. Ausgewählte Ergebnisse sind Bestandteil dieses Beitrages.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzen des früheren Saattermins (12.06.2014) liefen bedingt durch eine Trockenphase verzögert auf. Die Aussaaten zum späteren Saattermin (02.07.2014) erfolgte unter besseren Witterungsbedingungen, was zu einem zügigen Feldaufgang führte. Im weiteren Wachstumsverlauf mussten zur Schädlings- und Unkrautbekämpfung Pflanzenschutzmittel appliziert werden. Im Sommerraps wurde ein Insektizid eingesetzt um den Befall mit Erdflöhen einzudämmen. Herbizide zur Unkrautregulierung wurden in Mais, Sorghum, Triticale, Sandhafer und Raps verwendet. Auf Grund von fehlenden Herbizid-Zulassungen in Triticale-Erbse- und Triticale-Wicke-Gemenge mussten diese Bestände des früheren Saattermins gemulcht werden. Da für Buchweizen und Quinoa ebenfalls keine Herbizide zugelassen sind, mussten hier das schnelle Wachstum und der zügige Reihenschluss der Kulturarten zur Unkrautunterdrückung ausreichen, was vor allem den Buchweizensorten sehr gut gelang. Kurz vor Ernte trat bei Buchweizen Lager auf, was aber bei der Beerntung keine Probleme bereitete.

Vergleichende Auswertungen der Erträge verdeutlichten deutliche Differenzen zwischen den Kulturen und zwischen den Vegetationszeiträumen. Mais und Sorghum lieferten im Herbst 2014 mit durchschnittlich 115 und 122 dt/ha die mit Abstand höchsten TM-Erträge für Vegetationsperiode 1 (115 Tage) bei gerade ausreichenden TS-Gehalten. Für Vegetationsperiode 2 (95 Tage) brachen die TM-Erträge beider Arten um etwa ein Drittel ein und die TS-Gehalte lagen deutlich unterhalb der Silierreife. Im Gegensatz zu Mais und Sorghum zeigten die anderen Kulturarten nur einen geringeren Ertragsabfall bei später Saat. Sie erzielten allerdings deutlich geringere TM-Erträge, konnten aber meistens die Silierreife erreichen. Sandhafer erreichte fast identische TM-Erträge von 34 dt/ha bei beiden Saatterminen. Buchweizen und Quinoa zeigten gute Erträge (53 und 49 dt TM/ha) bei TS-Gehalten von zumeist 28 %. Die Erträge der Triticale lagen mit durchschnittlich 46 dt TM/ha leicht unter Buchweizen und Quinoa. die Getreide-Leguminosen-Gemenge erzielten 40 dt TM/ha. Im Vergleich der Ölfrüchte erreichte nur Leindotter zum frühen Saattermin die Druschreife und kann so als alternative Pflanze zur Ölgewinnung bei nicht zu kurzen Vegetationszeiten dienen. Um den Aufwuchs dennoch zu nutzen wurden die Bestände von Raps nach beiden Vegetationsperioden und Leindotter nach Vegetationsperiode 2 zur Biogasnutzung gehäckselt. Von allen getesteten Kulturen lagen diese Erträge jedoch auf dem untersten Niveau. Die Ergebnisse der Winterweizenernte, mit deren Hilfe Aussage zur Vorfruchtwirkung der Sommerkulturen getroffen werden können, lagen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht vor. Diese sollen aber im Rahmen der Vortragsveranstaltung präsentiert werden.

Literatur

Stockmann. F., Haller. J., Fritz. M. (2015): Auflockerung von Fruchtfolgen durch Kulturen mit kurzer Vegetationszeit. Zwischenbericht 1. Berichtszeitraum April 2014 bis März 2015.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 127–128 (2015)

Erfahrungen mit dem Clearfield-Anbausystem - Ergebnisse aus dem UFOP-Modellanbau

Carolin Merker und Bernhard C. Schäfer

FH Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. E-Mail: *merker.carolin@fh-swf.de*

Einleitung

Der Begriff „Clearfield“ steht für die Kombination aus Herbizid und gegen diese Herbizide toleranten Sorten. Clearfield-Sorten zeichnen sich durch eine vollständige Resistenz gegenüber dem Wirkstoff Imazamox und eine (Teil-)Resistenz gegenüber anderen ALS-Hemmern aus. Durch das Clearfield-System wird eine Wirkstoffgruppe in den Rapsanbau eingeführt, die vorher hier noch nicht angewendet wurde und sogar zur Bekämpfung von Ausfallraps eingesetzt wird.

Material und Methoden

In dem hier vorgestellten UFOP-Modellanbau wurde das Herbizid Clearfield-Vantiga D in Kombination mit verschiedenen Clearfield-Hybriden zwei in der Praxis weit verbreiteten Herbizidbehandlungen gegenübergestellt (Vorauflauf Colzor Trio mit 4,0 l/ha, Nachauflauf Butisan Gold mit 2,5 l/ha). Bei Bedarf, also wenn Ausfallgetreide und Ungras-Besatz in höherem Maße vorhanden waren, wurde mit Focus Ultra 2,0 l/ha nachgelegt. Der Versuch wurde in den Jahren von 2011 bis 2014 auf jeweils sieben Standorten in sechs Bundesländern (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Thüringen und Bayern) unter Federführung der Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest und der UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.), in Zusammenarbeit mit den Länderdienststellen der Offizialberatung, den Züchterhäusern der verwendeten Sorten (DSV, Monsanto, NPZ, Pioneer) und der BASF durchgeführt. Ziel des Modellanbaus war eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Produktionssystems hinsichtlich des Ertrags, der Bekämpfung von Problemunkräutern und der bereinigten Marktleistung.

Ergebnisse und Diskussion

Entgegen dem häufig beobachteten Phänomen, dass neu eingeführte Sorten leichte Schwächen in einem Merkmal zeigen, erwiesen sich die getesteten Clearfield-Hybriden als ertragsstark und es war in den Standard-Herbizidvarianten kein signifikanter Unterschied im Vergleich zu Visby und Dimension feststellbar (siehe Abbildung 1).

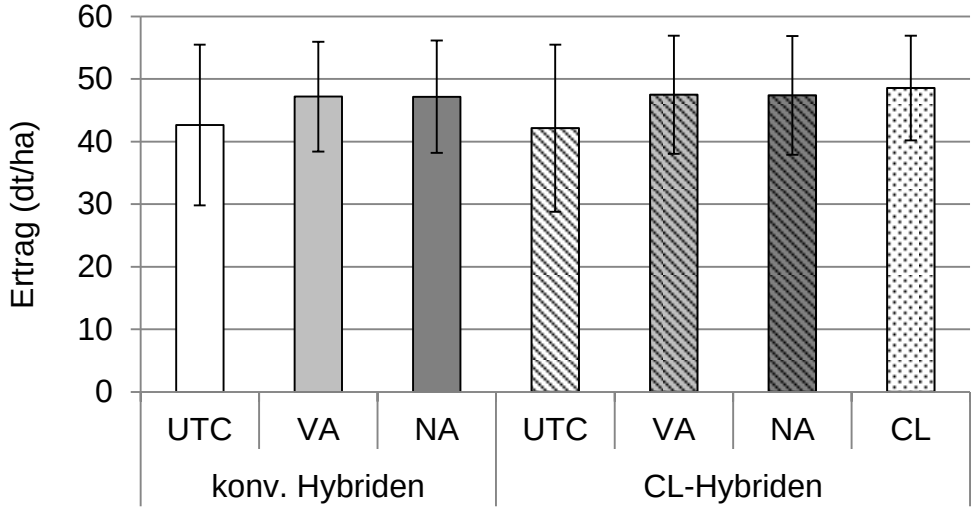


Abbildung 1: Erträge in Abhängigkeit von Herbizidstrategie und Sortentyp im Mittel über alle Standorte und Versuchsjahr (UTC=unbehandelte Kontrolle, VA=Colzor Trio (4,0 l/ha), NA=Butisan Gold (2,5 l/ha), CL=Clearfield-Vantiga (2,0 l/ha) + Dash (1,0 l/ha))

Von besonderem Interesse war im Modellvorhaben die herbizide Wirkung. Als Problemunkräuter im Rapsanbau gelten besonders andere Kreuzblütler, wie Hirtentäschel und Rauke-Arten, aber auch Storchschnabel-Arten.
Zu Vegetationsende stellte sich die herbizide Wirkung gegen die im Modellanbau sechs häufigsten Unkräuter und Ausfallgetreide wie folgt dar (siehe Abbildung 2).

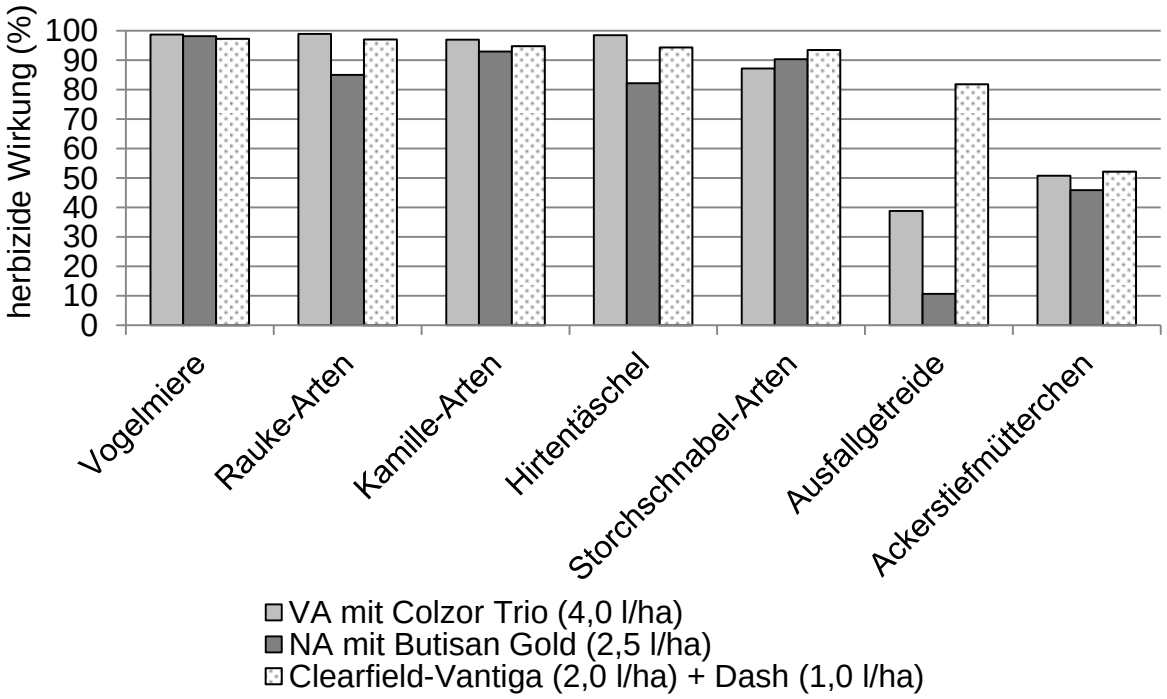


Abbildung 2: herbizide Wirkung (%) zu Vegetationsende von Clearfield-Vantiga D im Vergleich zu einer VA-Behandlung mit Colzor Trio (4,0 l/ha) und einer NA-Behandlung mit Butisan Gold (2,5 l/ha)

Im Vergleich zur Behandlung mit Butisan Gold zeigt das Clearfield-Herbizid eine bessere Wirkung bei den hier beobachteten Problemunkräutern. Gegenüber Clomazone-haltigen Produkten ist eine Vorzüglichkeit bei Storchschnabelarten gegeben.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 129–130 (2015)

Wurzellängendichte von Sommergerste nach Anbau verschiedener perennierender Futterpflanzen mit unterschiedlicher Wurzelarchitektur

Timo Kautz, Daniel Zemke, Miriam Athmann und Ulrich Köpke

Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
E-Mail: *tkautz@uni-bonn.de*

Einleitung

Die verstärkte Nutzung des Unterbodens durch einjährig angebaute Kulturpflanzen eröffnet Möglichkeiten für vermehrte Akquisition von Wasser und Nährstoffen und vermehrte C-Sequestrierung in den Unterboden (Lynch & Wojciechowski, 2015). Nährstoffakquisition aus dem Unterboden hat besondere Relevanz für den Organischen Landbau, der auf eine Anreicherung des Pflughorizonts mit leicht pflanzenverfügbaren synthetischen Düngern verzichtet. Eine Möglichkeit zur Förderung des Wurzelwachstums im Unterboden besteht im vorgeschalteten Anbau von Pflanzen mit Pfahlwurzeln, die im Boden großlumige, vorwiegend vertikal verlaufende Bioporen generieren, die ihrerseits bevorzugte Ausbreitungswege für Wurzeln nachfolgend angebauter Kulturpflanzen sind. In der vorliegenden Studie wird die Wirkung des Anbaus zweier Futterpflanzen mit unterschiedlicher Wurzelarchitektur auf die Wurzellängendichte der Nachfrucht Sommergerste geprüft.

Material und Methoden

Auf einem tiefgründigen Lössboden (WRB: Haplic Luvisol) am Campus Klein Altendorf der Universität Bonn wurden in den Jahren 2012 bis 2013 die perennierenden Futterpflanzen Wegwarte (*Cichorium intybus* L.) mit einem Pfahlwurzelsystem und Rohrschwingel (*Festuca arundinacea* Schreb.) mit einem homorhizen Wurzelsystem in einem Feldversuch mit vier Feldwiederholungen angebaut. Nach Herbstumbruch (Pflugtiefe: 30 cm) der Futterpflanzen und Anbau von Phazelie (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) als abfrierende Zwischenfrucht folgte im Jahr 2014 Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.), deren Wurzellängendichte vegetationsbegleitend mit der Profilwandmethode (Böhm, 1979) quantifiziert wurde. Auf die Düngung der Sommergerste wurde – ein *low-input* Anbausystem simulierend – verzichtet.

Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn der Vegetationsperiode zeigten sich größere Wurzellängendichten der Sommergerste nach Anbau von Wegwarte an der Krumenbasis (30-45 cm Bodentiefe) bzw. im oberen Teil des Unterbodens (45-75 cm Bodentiefe, Abb. 1). Mit fortschreitendem Tiefenwachstum der Wurzeln verlagerten sich die Unterschiede in größere Bodentiefen. Zum letzten Untersuchungstermin war die Wurzellängendichte der Sommergerste in den Bodentiefenklassen 0-30 cm sowie 45-75 cm nach Rohrschwingel größer als nach Wegwarte.

Andere Untersuchungen am Standort zeigten, dass der Anbau von Wegwarte im Vergleich zu Rohrschwingel zu einer größeren Anzahl großlumiger Bioporen (Durchmesser > 2 mm) je Flächeneinheit führte (Han et al., 2015). Somit deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Vorprägung des Bodens mit porenschaffenden Wurzeln das Eindringen der Sommergerstewurzeln in den vergleichsweise kompakt

lagernden Unterboden erleichtert hat. Der Kornertrag von Sommergerste war nach Vorfrucht Wegwarte im Vergleich zur Vorfrucht Rohrschwingel erhöht (2,46 t ha^{-1} vs. 1,99 t ha^{-1}, t-test, p<0,01).

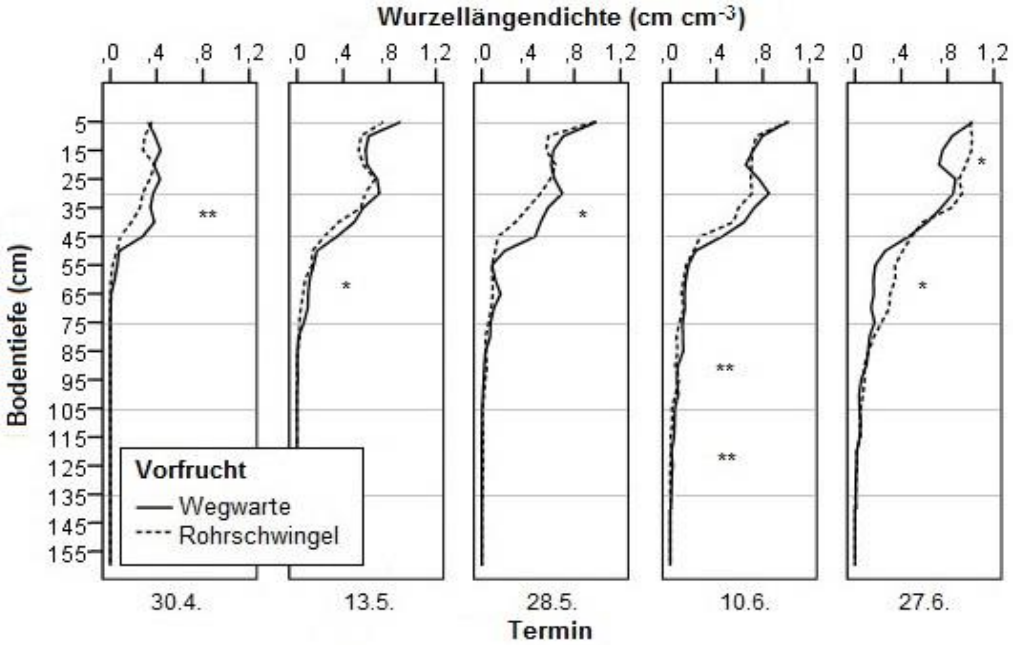


Abb. 1: Wurzellängendichten von Sommergerste nach Anbau von 2-jähriger Wegwarte oder 2-jährigem Rohrschwingel. *, **: Signifikante Unterschiede in den Bodentiefenklassen 0-30, 30-45, 45-75, 75-105 und 105-135 cm bei p<0,05 bzw. p<0,01 (Mann-Whitney-U-Tests).

In früheren Studien zu Wintergerste und Winterraps wurden ebenfalls höhere Wurzellängendichten nach Anbau von Futterpflanzen mit Pfahlwurzelsystemen ermittelt die jedoch nicht ertragswirksam waren (Perkons et al., 2014). Demgegenüber können Sommerungen aufgrund des Fehlens von tief reichenden Wurzeln und ihrer vergleichsweise kurzen Vegetationszeiten während des Auftretens von Trockenperioden im Frühling in verstärktem Maße von einer verbesserten Zugänglichkeit zum Unterboden profitieren.

Danksagung
Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung des Projekts DFG-PAK 888 ‚Biopores as hotspots for nutrient acquisition from the subsoil'.

Literatur

Böhm, W. (1979): Methods of Studying Root Systems. Springer, Berlin.
Han, E., Kautz, T., Perkons, U., Luesebrink, M., Pude, R. und Köpke, U. (2015): Quantification of soil biopore density after perennial fodder cropping. Plant Soil, DOI: 10.1007/s11104-015-2488-3
Lynch, J.P. und Wojciechowski, T. (2015): Opportunities and challenges in the subsoil: pathways to deeper rooted crops. Journal of Experimental Botany 66: 2199-2210.
Perkons, U., Kautz, T., Uteau, D., Peth, S., Geier, V., Thomas, K., Lütke Holz, K., Athmann, M., Pude, R. und Köpke, U., (2014): Root-length densities of various annual crops following crops with contrasting root systems. Soil and Tillage Research 137: 50-57.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 131–132 (2015)

Fungizidstrategien im Winterweizen mit reduzierten Applikationen

Michael Gaudchau

JLU Gießen, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Schubertstr. 81, 35392 Gießen
E-Mail: *Michael.Gaudchau@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Der Einsatz von Fungiziden gehört seit vielen Jahren zu den Standardmaßnahmen im konventionellen Getreidebau (Werner 2013)**.** Dabei unterliegt die Auswahl der fungiziden Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen sowie die Anzahl der Applikationen ständigen Veränderungen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Versuch unternommen, die Applikationsfolgen in zwei unterschiedlich anfälligen Winterweizensorten zu reduzieren und gleichzeitig die bedeutenden pilzlichen Schaderreger effektiv zu begrenzen.

Material und Methoden

An den Lehr- und Forschungsstationen „Weilburger Grenze“ und „Rauischholzhausen“ der JLU Gießen wurden 2013 und 2014 randomisierte Freilandversuche in vierfacher Wiederholung mit den Sorten „JB Asano“ (höhere Anfälligkeit) und „Tobak“ (geringere Anfälligkeit) durchgeführt. Neben jeweils unbehandelten Kontrollparzellen erfolgten Applikationen mit verschiedenen im Handel erhältlichen Fungiziden als Doppelbehandlung in DC 31/32 sowie DC 51 bzw. Applikationen als Einfachbehandlung in DC 39. Während der Vegetationsperiode erfolgten wöchentliche Bonituren zum Auftreten pilzlicher Schaderreger in den Parzellen. Die Versuche wurden im Parzellendrusch mit automatischer Ertragserfassung beerntet und anschließend die weiteren Ertragsparameter im Labor bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Vegetationsperiode 2013 dominierte *Septoria tritici* das Befallsgeschehen, stärkerer Befall von „JB Asano“ führte an beiden Standorten zu signifikanten Mehrerträgen aller Behandlungsvarianten. Durch den deutlich geringeren *Septoria*-Befall bei „Tobak“ lagen die Ertragsleistungen in nur zwei von neun Behandlungsvarianten signifikant höher als die Kontrollvariante. Hinsichtlich der TKM-Bildung konnte bei beiden Sorten keine Beeinflussung durch das Befallsgeschehen abgeleitet werden. Die Vegetationsperiode 2014 war geprägt durch das frühe Auftreten von Gelbrost (*Puccinia striiformis*) mit der an beiden Standorten bestätigten und äußerst aggressiven Rasse „Warrior“. Dies führte Ende April (DC 31/32) an beiden Standorten zu einem raschen Befall der Weizenbestände. Durch die ein- bzw. zweifachen Fungizidmaßnahmen konnten sowohl *P. striiformis* als auch *S. tritici* weitgehend ausgeschaltet werden, während sich in den Kontrollvarianten der Befall mit Gelbrost weiter ausbreitete. Während bei „JB Asano“ der Befall Boniturwerte bis 7 erreichte, konnten bei „Tobak“ lediglich Werte von 2 festgestellt werden. Diese sortenspezifischen Unterschiede finden in den Ertragswerten ihren Niederschlag (vgl. Abb 1): während bei „JB Asano“ die Differenzen zwischen der Kontrolle und den Behandlungsvarianten max. ca. 41 dt/ha betragen, liegt dieser Wert für „Tobak“ bei ca. 19 dt/ha. Auffällig und bisher nicht schlüssig nachvollziehbar sind die deutlich höheren Ertragsleistungen bei „JB Asano“

in der Einfachbehandlung (DC 39) im Vergleich zur Doppelbehandlung, während die Behandlungsvarianten bei „Tobak“ in Abhängigkeit von den Fungizidmaßnahmen ausgeglichene Erträge ohne signifikante Unterschiede aufweisen. Im Gegensatz zu 2013 spielten *S. tritici* wie auch *Drechslera tritici repentis* oder Braunrost an beiden Versuchsstandorten nur eine untergeordnete Rolle.

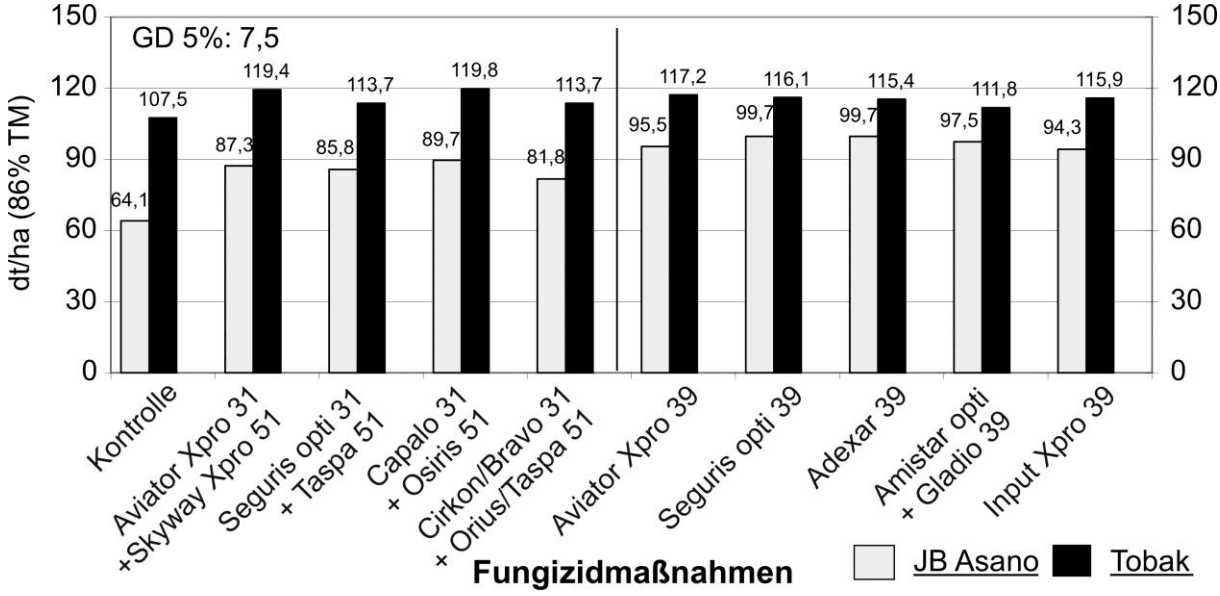


Abb. 1: Ertragsleistungen von „JB Asano“ und „Tobak“ in Abhängigkeit von unterschiedlichen Fungizidmaßnahmen – LuF Gießen 2014

Die Ergebnisse aus zwei Vegetationsperioden wie auch aus Untersuchungen in den vorangegangenen Jahren an beiden Standorten demonstrieren, dass bei sehr unterschiedlichen Pilzkrankheiten und Befallsverläufen die Ausbreitung der Krankheitserreger mit effektiven Fungiziden wirksam beeinflusst werden kann. In beiden Vegetationsperioden erwiesen sich Einfachbehandlungen den Doppelbehandlungen zumindest ebenbürtig, z.T. sogar überlegen. Bei den fungiziden Präparaten ist besonders bei Einfachbehandlung in DC 39 auf eine ausreichend lange Wirkungsdauer zu achten, die in vielen Präparaten durch die Kombination von Azolen mit Carboxamiden und z.T. weiteren Wirkstoffen gewährleistet ist. Der komplette Verzicht auf den Einsatz von Fungiziden führt in der Regel zu signifikanten Mindererträgen mit parallel einhergehender Erhöhung des Erregerpotenzials. Gleichzeitig verdeutlichen die Resultate den Einfluss der genetisch fixierten Resistenzen gegenüber Krankheitserregern, die sich in den vorliegenden Untersuchungen zudem in höheren Ertragsleistungen niederschlagen. Dieser züchterische Fortschritt sollte künftig bei der Sortenwahl verstärkt beachtet werden.

Literatur

Werner, B. (2013): Fungizidstrategien in Winterweizen und Winterroggen. Getreidemagazin 02, 10-17

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 133–134 (2015)

Effekte der Saatgutimpfung bei Sojabohnen (*Glycine max* L.) unter den Anbaubedingungen Westsibiriens

Insa Kühling[1], Nina Bome[2] und Dieter Trautz[1]

[1]Hochschule Osnabrück, Osnabrück; [2]Tjumener Staatliche Universität, Tjumen, Russische Föderation.
E-Mail: *i.kuehling@hs-osnabrueck.de*

Einleitung

In Russland führt der steigende Bedarf an hochwertigen Nahrungs- und Futtermitteln sowie der Verzicht auf Gentechnik zu einer stetig steigenden Produktion von Sojabohnen (*Glycine max* L.) (ROSSTAT, 2015). Durch den Klimawandel verschieben sich die Anbauregionen nach Norden, so dass mittlerweile auch im Westsibirischen Getreidegürtel Vegetationsperiode und Temperatursumme für die Produktion von Soja ausreichen. Während es in den etablierten Soja-Anbaugebieten üblich ist, das Saatgut mit sojaspezifischen Rhizobienbakterien (*Bradyrhizobium japonicum*) zu impfen, wenn erstmalig Sojabohnen kultiviert werden oder bekannt ist, dass den Böden die entsprechenden Stämme fehlen, ist diese Saatgutbehandlung in Westsibirien bislang nicht verbreitet.

Material und Methoden

In einem Feldversuch (RCBD, 4 Wiederholungen) wurde über 2 Jahre der Effekt der Impfung (Stamm 532C, Präparat Force 48, BASF) an 4 verschiedenen frühreifen Sojasorten (heimisch/europäisch) am Standort Kuchak (57.35°N, 66.06°O, Region Tjumen, Russische Föderation) getestet. Neben Bonituren von Bestandesentwicklung und Knöllchenbesatz sowie Ernteanalysen (Menge/Qualität) wurden regelmäßig die Blattchlorophyllgehalte an jeweils 30 jüngsten, voll entfalteten Blättern pro Parzelle mit einem SPAD-502 (Minolta) als Indikator für die Stickstoffversorgung der Pflanze gemessen (Uddling et al., 2007). Um die SPAD-Werte der unterschiedlichen Sorten vergleichbar zu machen, wurde das statistische Maß der Effektstärke („Hedges‘ d“) verwendet (Nakagawa and Cuthill, 2007). Die Bezeichnung der Entwicklungsstadien folgt Fehr & Caviness (1977).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse nach 2 Jahren zeigten einen signifikanten Einfluss der Saatgutimpfung mit *Bradyrhizobium japonicum* Bakterien auf die Knöllchenbildung und den Blattchlorophyllgehalt. Ohne Impfung entwickelten sich keine Knöllchen an den Wurzeln. Im Verlauf der Vegetationsperiode nahm der Abstand der SPAD-Werte zwischen geimpften Pflanzen und ungeimpften Kontrollen zu (Abb. 1A). Die positiven Effektstärken der Blattchlorophyllgehalte waren mit Ausnahme des ersten Termins im 3-Knoten Stadium 2013 alle signifikant (keine Überschneidungen der 95%-Konfidenzintervalle mit der Null-Linie, Abb. 1B). Auch die Proteingehalte in den Bohnen spiegeln den Effekt der Impfung wieder (+10%, signifikant $p<0.01$). Keinen signifikanten Einfluss hatte die Impfung dagegen auf Erntemenge und Proteinertrag (Abb. 1C).

Die eindeutig höheren Chlorophyllgehalte weisen auf eine bessere Stickstoffversorgung der geimpften Pflanzen hin (Gwata et al., 2004). Trotzdem konnte kein höherer Ertrag durch die Impfung erzielt werden werden.

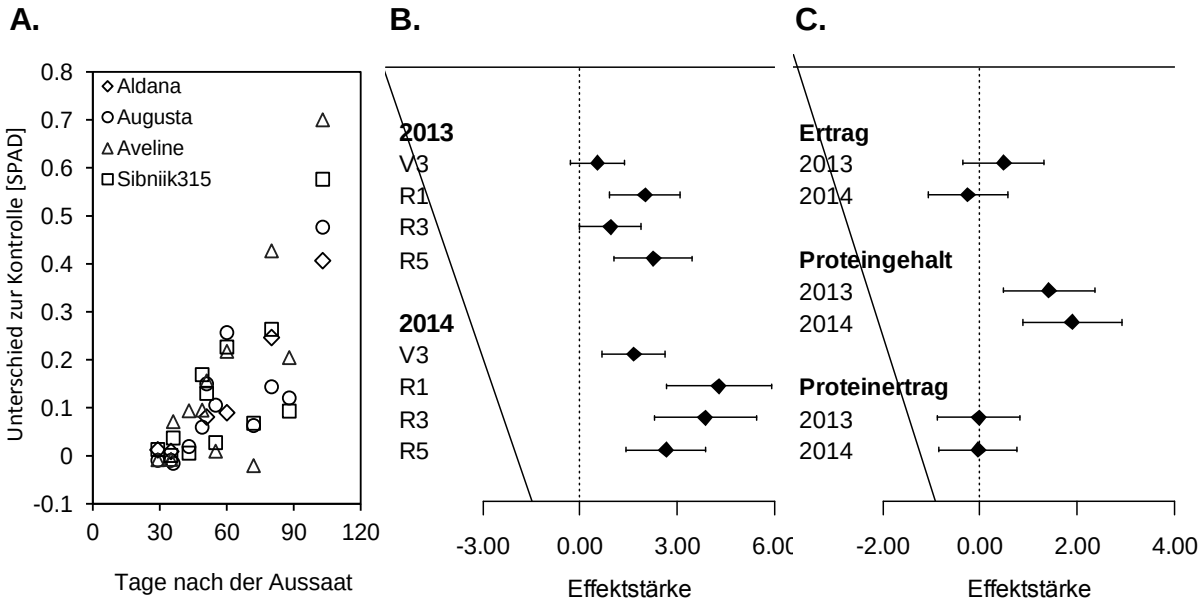


Abb. 1: Sortenspezifische, relative SPAD-Unterschiede im Vegetationsverlauf (A), über alle Sorten gemittelte Effektstärken der SPAD-Werte zu vier Entwicklungsstadien (B) sowie Effektstärken ausgewählter Ertragsparameter (C). V3: 3 Knoten am Hauptstamm, R1: Beginn Blüte, R3: Beginn Hülsenbildung, R5: Beginn Samenbildung

Die Bodentemperaturen (Ø 16,7° in 10 cm) waren verhältnismäßig gering, der verwendete Bakterienstamm wird jedoch als wirkungsvoll in einem weiten Temperaturspektrum beschrieben (Lynch and Smith, 1993). Die Temperatursumme (Aussaat – Ernte) war 2013 erheblich höher als 2014 (1446°C bzw. 1230°C, Basis 5°C), insbesondere zur Samenbildung/Abreife waren die Temperaturbedingungen jedoch in beiden Versuchsjahren suboptimal.

Auch wenn im Versuch keine signifikant höheren Erträge durch die Impfmaßnahme erzielt werden konnten, stellen Sojabohnen nur dann eine nachhaltige Alternative zu derzeit weit verbreitet angebauten Erbsen in den Fruchtfolgen Westsibiriens dar, wenn sie ihren Stickstoffbedarf durch biologische N-Fixierung decken können. Dazu müsste die Saatgutbehandlung mit Rhizobienbakterien zur Standardmaßnahme werden.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojektes SASCHA als Teil der Fördermaßnahme "Nachhaltiges Landmanagement" erzielt und vom BMBF finanziert (Förderkennzeichen 01LL0906A).

Literatur

Fehr, W.R., Caviness, C.E., 1977. Stages of Soybean Development. Cooperative Extension Service; Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University of Science and Technology.

Gwata, E.T., Wofford, D.S., Pfahler, P.L., Boote, K.J., 2004. Genetics of Promiscuous Nodulation in Soybean: Nodule Dry Weight and Leaf Color Score. J Hered 95, 154–157. doi:10.1093/jhered/esh017

Lynch, D.H., Smith, D.L., 1993. Soybean (*Glycine max*) modulation and N_2-fixation as affected by exposure to a low root-zone temperature. Physiologia Plantarum 88, 212–220.

Nakagawa, S., Cuthill, I.C., 2007. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. Biological Reviews 82, 591–605.

ROSSTAT, 2015. Russian Federation - Unified Interdepartmental Statistical Information System. http://www.fedstat.ru (zugegriffen 10.8.14).

Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., Pleijel, H., 2007. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. Photosynth Res 91, 37–46.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 135–138 (2015)

Tolerance to *Heterodera schachtii* in sugar beet due to enhanced use of water and nitrogen?

M. Hauer

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

Introduction

The sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii* (Schmidt) is distributed world wide and developing to a severe problem for sugar beet production. Currently, three sugar beet cultivar types are available which are classified as susceptible, tolerant or resistant to *H. schachtii*, but none of them is protected against nematode invasion. A susceptible plant can be either tolerant with limited growth suppression or intolerant with a relatively strong growth suppression in response to nematode infection (Müller, 1998). The term susceptibility in this study is equivalent to intolerance. Resistance is defined as the ability of a plant to limit nematode multiplication (Müller, 1989). Resistant plants may also carry some tolerance.

Different relations between yield decline and initial nematode population (Pi) have previously been observed, where in most cases a high Pi resulted in a high yield reduction of intolerant cultivars (Griffin, 1988; Kenter et al., 2014). This yield decline may be traced back to root damages and a reduction of root extension (Gierth, 2005), root functioning and to further physiological effects such as reduced uptake of nutrients (Trudgill, 1980) and water. This may also cause reduction of canopy development and leaf N status which decreases radiation use efficiency. In general, severity of these effects strongly interacts with the environmental conditions affecting nematode and crop growth.

As tolerance reflects the capacity of the plant to withstand nematode damage, physiological knowledge of nematode-plant-interactions together with an understanding of the relationship between yield losses and nematodes is required to understand the mechanisms of tolerance. Physiological mechanisms that cause tolerance are usually nonspecific, but compensatory root growth, delayed plant senescence and enhanced water and nutrient uptake are suggested (Trudgill, 1991).

Because nematodes are not homogenously distributed over naturally infested fields, a high variability in evapotranspiration, nutrient uptake (such as nitrogen), yield and thus water use efficiency of intolerant cultivars at field scale is likely, while tolerant cultivars are expected to show less variability.

However, the effects of nematode stress on water use efficiency and plant N status of sugar beet cultivars differing in tolerance and resistance properties at field scale have not been studied yet. Reasons for this research gap may be the large difficulties in collecting accurate data on nematode infestation because of their heterogeneous distribution within fields and the associated enormous effort to account for this high variability. Further, calculating evapotranspiration and taking into account small scale temporal and spatial variation in plant architecture as a result of nematode stress is even more difficult.

The present doctoral thesis aimed at (i) quantifying evapotranspiration and N status of sugar beets grown under different nematode population densities in the field, (ii) investigating and quantifying the relationship between nematodes and evapotranspiration, N uptake and yield of sugar beet cultivars and (iii) relating

tolerance of sugar beet to assumedly improved water use efficiency and plant N status.

Material and methods

Field experiments were conducted in ten environments (site x year) with different initial nematode infestation across Northern Germany in 2012-13 and 2013-14. Two environments were without nematode infestation. Two catch crop treatments (nematode resistant mustard and a catch crop mixture) were established before sugar beet cultivation and straw mulch was used as a control. Three sugar beet cultivars (susceptible, tolerant, resistant to *H. schachtii*) were cultivated in plots within each catch crop block in a complete randomized split-plot design. At four environments, sugar beet plots were divided into four sub-plots to vary N fertilization (0, 50, 100, 150 kg N ha^{-1}). All factors were replicated three times in split-plot design.
Evapotranspiration of sugar beets was calculated on a daily basis with the dual crop coefficient approach according to Allen et al. (1998). Therefore, repeated measurements of leaf area index, plant height and soil cover were used to model plot specific crop coefficients on a daily basis in each environment.
To determine plot specific nematode density, 30 soil cores in 0-30 cm soil depth per plot were taken to obtain a mixed sample of 2.5 kg per plot before catch crop, at sugar beet sowing and at sugar beet harvest. Samples were analyzed in the Plant Protection Office laboratory at the Chamber of Agriculture in Lower Saxony (Hanover, DE) as described by Krüssel and Warnecke (2014).

Results and Discussion

Sugar yield as well as dry matter yield of all cultivars decreased linearly with increasing nematode infestation, but the slopes differed between cultivars (Fig. 1). The tolerant and resistant cultivar did not deviate in slope while yield losses of the susceptible cultivar were more severe due to increasing initial infestation. Across all environments, there were no differences in sugar yield between the resistant and the tolerant cultivar which indicates a phenotypic tolerance of the resistant cultivar. Results from various cultivar testings suggest that resistant cultivars yield lower than tolerant ones (Bundessortenamt, 2014). Most likely, this discrepancy between our findings and those of Bundessortenamt has methodological reasons: due to practicability, the official cultivar testing is performed at plots with a three row system, where the smaller resistant cultivar with its smaller leaf canopy isn't able to compete with taller neighbors. This interspecific competition was avoided in our study.
Evapotranspiration strongly differed between environments because of differences in microclimate. Cultivar specific differences within environments were small and could not be related to nematode infestation (Fig. 1). Nonetheless, parameters that were used to calculate evapotranspiration like leaf area index and plant height were negatively correlated with nematode infestation (Hauer et al., 2015a).
Water use efficiency (WUE, sugar yield divided by evapotranspiration) differed between cultivars and decreased with increasing nematode infestation (data not shown). We hypothesized WUE to increase under nematode stress compared to non-stress conditions, because this is a common plant response to stress (Blum, 2005). However, the opposite was the case and furthermore, higher biomass production under nematode stress was not necessarily associated with higher water consumption (comparing tolerant and susceptible cultivars within environments). We concluded that as long as water is not limiting, no correlation between water consumption and nematode infestation exists. Furthermore, tolerance to *H. schachtii*

in sugar beet cannot be linked to enhanced evapotranspiration as differences between cultivars within environments were negligibly small and did not affect yield formation. Thus, differences in water use efficiency were mainly driven by variations in biomass production rather than by variations in water consumption.

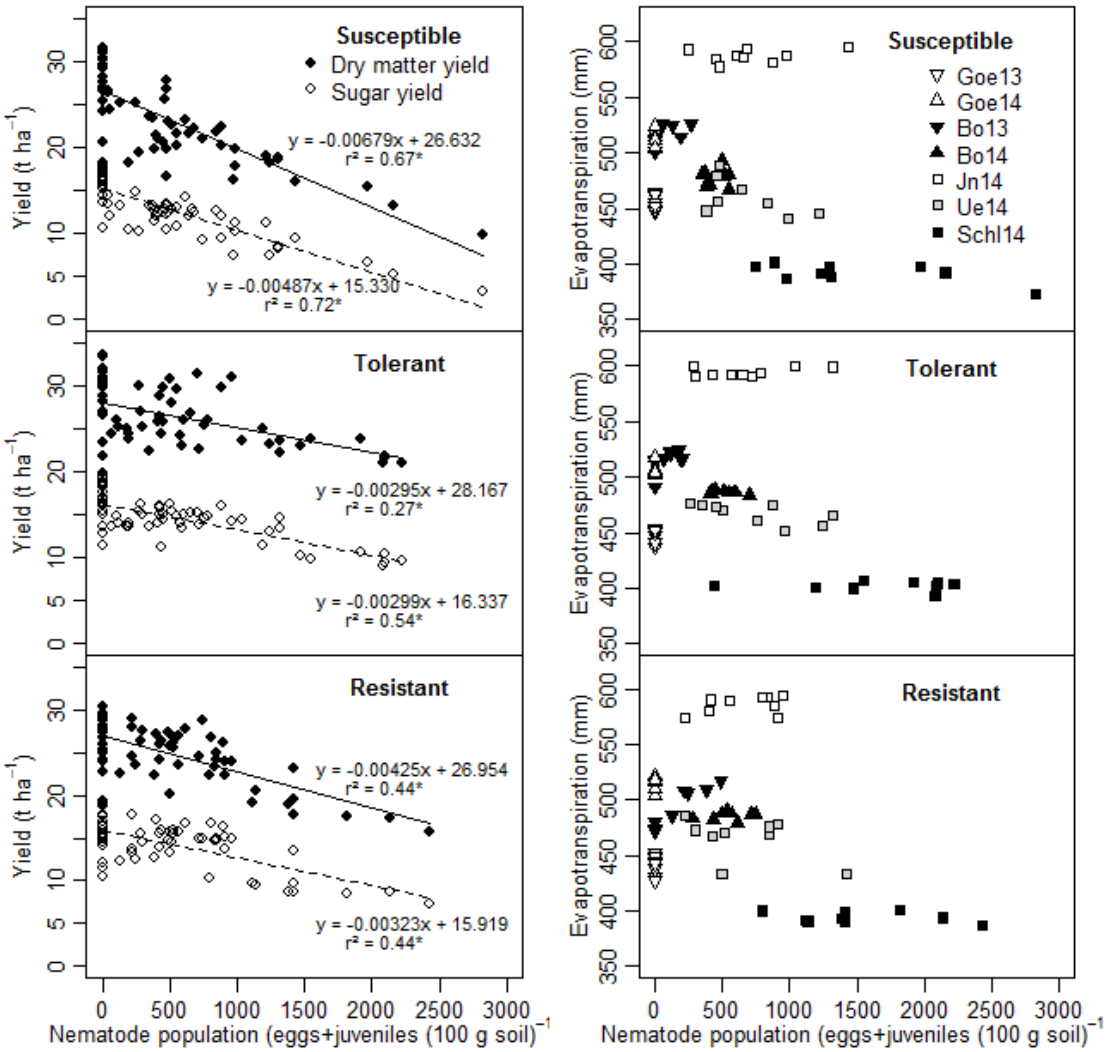


Fig. 3: Effect of nematode population on dry matter and sugar yield (left) and evapotranspiration (right) of sugar beets susceptible, tolerant or resistant to *H. schachtii* in Göttingen (Goe13) and Bornstedt (Bo13) 2013 and in Göttingen (Goe14), Bornstedt (Bo14), Jeinsen (Jn14), Uelzen (Ue14) and Schladen (Schl14) 2014 with different initial nematode infestation (eggs and juveniles per 100 g soil). Lines follow linear regression models with significance at p<0.05. (Hauer et al., 2015a)

Nitrogen status of sugar beets partially depended on nematode infestation (Hauer et al., 2015b): Amino-N content of roots and whole plant N uptake of the susceptible cultivar decreased exponentially with increasing initial infestation. Tolerant and resistant cultivars did not show that relationship, but at nematode infestations above 1000 eggs and juveniles per 100 g soil, Amino-N content was also reduced (Fig. 2). At high nematode infestation, yield losses of all cultivars at least partially depended on reduced leaf area index and plant N status, but an overall relation between N status and sugar yield could not be observed. This might be due to the fact that there is generally only a small influence of nitrogen on sugar yield in sugar beets. Whether nitrogen status of infested plants was reduced due to a release of nitrogen (via root exudates) or due to a consumption by invading nematodes, could not be specified in our study.

Conclusions

To conclude, sugar yield of all cultivars decreased with increasing initial nematode infestation. Nonetheless, yield decline of the tolerant and resistant cultivar was reduced compared to the susceptible cultivar. The yield advantage of the tolerant cultivar under nematode infestation was not related to enhanced water consumption, but a small effect of nitrogen status occurred. Other nutrients than N are possibly of major importance in explaining the physiological mechanisms of tolerance in sugar beet, but were not investigated in this study. Thus, further research is required.

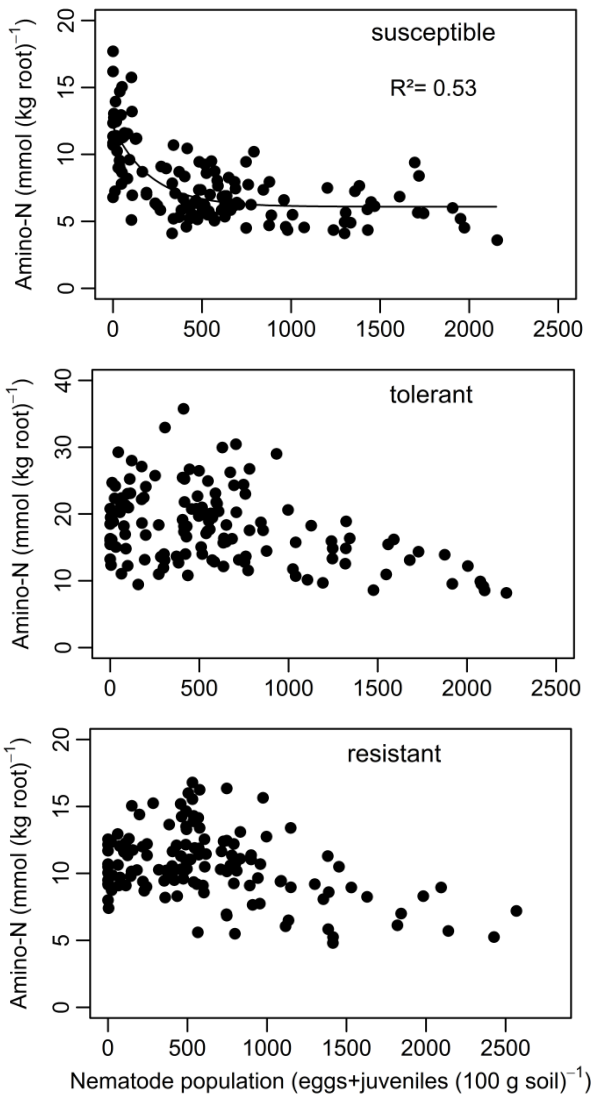


Fig. 2: Effect of nematode population on Amino-N content in roots of sugar beets susceptible (top), tolerant (mid) and resistant (bottom) to *H. schachtii* in eight environments with different initial nematode infestation (eggs and juveniles per 100 g soil) in Northern Germany from 2013 to 2014.

References

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No 56. FAO, Rome.

Blum, A., 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - are they compatible, dissonant or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56, 1159-1168.

Bundessortenamt, 2014. Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Bundessortenamt, Hannover

Gierth, K., 2005. Pflanzenmorphologische und -physiologische Untersuchungen zu Toleranz in der Wirt-Parasit-Interaktion *Beta vulgaris - Heterodera schachtii*. Dissertationschrift, Bonn.

Griffin, G.D., 1988. Factors Affecting the Biology and Pathogenicity of Heterodera-Schachtii on Sugarbeet. J. Nematol. 20, 396-404.

Hauer, M.; Koch, H.-J; Märländer, B., 2015a. Water use efficiency of sugar beet varieties (Beta vulgaris L.) susceptible, tolerant and resistant against Heterodera schachtii (Schmidt) at environments with contrasting infestation levels. Field Crops Res., accepted with minor revision.

Hauer, M., Koch, H.-J., Mittler, S., Windt, A., Krüssel, S., Schlinker, G., Wolenweber, D., Rustemeyer, C., Märänder, B., 2015b. Catch crop cultivation, variety choice, N fertilization: effects on N supply and yield of sugar beet and on nematode infestation. Sugar Industry, accepted.

Kenter, C., Lukashyk, P., Daub, M., Ladewig, E., 2014. Population dynamics of Heterodera schachtii Schm. and yield response of susceptible and resistant sugar beet (Beta vulgaris L.) after cultivation of susceptible and resistant oilseed radish (Raphanus sativus L.). Journal für Kulturpflanzen 66, 289-299.

Krüssel, S.; Warnecke, H., 2014. Einfluss von Zuckerrübensorten auf die Populationsdynamik von Heterodera schachtii (Schmidt). Sugar Industry 139, 180-187.

Müller, J., 1989. Zur Definition von Resistenz und anderer Fachbegriffe in der Nematologie. Nachrichtenblatt Deutsche Pflanzenschutztagung 41, 137-139.

Müller, J., 1998. Resistenz und Toleranz gegen Rübennematoden (Heterodera schachtii) in Zuckerrübensorten. Zuckerindustrie 123, 688-693.

Trudgill, D. L., 1980. Effects of Globodera rostochiensis and fertilisers on the mineral nutrient content and yield of potato plants. Nematologica 26, 243-254.

Trudgill, D. L., 1991. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. Annu. Rev. Phytopathol. 29, 167-192.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 139–142 (2015)

The potential of ultrasonic and hyperspectral sensor combination for the estimation and mapping of pasture biomass

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

The evaluation and mapping of biomass at temporal and spatial scale is a challenge as it requires targeted and efficient means to assess numerous data. Proximal remote sensing technologies have proven to be useful for monitoring changes in vegetation properties of interest and have become widely used in crop production systems. However, pastures are highly heterogeneous systems due to variations in sward structure, composition and phenology. The application of sensors in complex grazing systems is difficult and there are limitations for each specific sensor used for the prediction of sward characteristics (Schellberg et al. 2008). An effective method for in-field estimation of biomass must reach an accuracy comparable to the accepted standard of destructive procedures (clipping) (Pittman et al. 2015). Using a data combination of conceptually different sensing methods holds promise for providing more accurate property estimates (Adamchuk et al. 2011).This study aimed to evaluate the potential of an ultrasonic and hyperspectral sensor combination to predict and map spatial distribution patterns of biomass as fresh matter yield in heterogeneous pastures.

Material and Method

The study was conducted at the experimental farm Relliehausen (establishing in 2002) (51°46´55´´N, 9°42´13´´E, 180-230 m above mean sea level) in Solling Uplands on moderately species rich grasslands, vegetation type *Lolio-Cynosuretum*. Three target paddocks (size of 1 ha each) with different continuous stocking rate treatments were selected from the experiment to establish 30*50 m representative study plots. Treatments were a) moderate stocking, average of 3.4 standard livestock units (SLU, i.e. 500 kg live weight) per hectare, b) lenient stocking, average 1.8 SLU per hectare, c) very lenient stocking, average 1.3 SLU per hectare (Wrage et al. 2012). Field measurements were conducted at four sampling dates in 2013: (i) 25th April to 2nd May (before grazing), (ii) 3rd to 5th June, (iii) 21st to 23rd August and (iv) 30th September to 2nd October (after final grazing) within one paddock of each grazing intensity. The combined sensor system consisted of an ultrasonic sensor to measure ultrasonic sward height (USH) and a hyperspectral reflectance sensor (which measured wavelengths between 305 and 1700 nm with 1nm intervals). Mobile measurements were conducted on 30*50 m plots by mounting ultrasonic and reflectance sensors in combination with a DGPS on a remotely controlled vehicle. Subsequent to mobile measurement, 18 reference plots (each 0.25 m²) were selected within each 30*50 m study plot representing the range of available biomass levels and sward structures. Sensor measurements were conducted on reference plots statically using the same sensor devices. The aboveground biomass of each reference plot was clipped at ground surface level to measure fresh weight, after sensor measurements were taken. Calibration models were developed using data from static measurements (reference plots). Datasets were composed to both, a common dataset (n = 214) comprising all plots and all dates, and subsets for each

date representing a specific mixture of growth characteristics and phenology along the progress of the vegetation period (n = 52-54). Modified partial least squares regression (MPLSR) was applied as a full-spectrum based method using WINISI III package (Infrasoft International, LLC. FOSS, State College, PA, version 1.63). To evaluate the potential of hyperspectral data in combination with USH, principle component analysis (PCA) was performed in SAS version 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) to calculate five principal components explaining 99 % of variance. To evaluate the potential of a 2-band vegetation index across the available hyperspectral range, the normalized difference spectral index (NDSI) was applied over the range of 1nm spectral bandwidths using all possible combinations of two-band reflectance ratios based on NDVI formula according to: NDSI (b1, b2) = b1 - b2 / b1 + b2 to: Where, b1 and b2 = specific narrow band (1 nm) reflection signals with $Wavelength_{b1}$> $Wavelength_{b2}$. To test the performance of the multi-spectral approach used in satellites, hyperspectral data were re-combined into 8 broad wavebands according to WorldView-2. Ordinary least square regression analysis was performed using the statistical package R (version 3.0.2) to examine the relationship between fresh matter yield (FMY) as dependant variable and USH, NDSI, satellite bands and PCA derived components exclusively and as a combination of USH with variables calculated from hyperspectral data. Models were validated by a four-fold cross validation method. Spatial distribution maps of FMY were generated with 10 cm ground resolution from the mobile measurement data by applying the calibration models with best prediction accuracies through ordinary kriging interpolation using ArcGIS 10.1.

Results and Discussion

Prediction accuracies for exclusive use of USH varied significantly between sampling dates and were predominately low (Table 1). Higher accuracies were achieved at first sampling date (SD1) (R^2 = 0.81) where sward heights were much lower than at later SDs. Lowest R^2 values were found at SD3 and 4 (<0.45). The reason could be disparities between sward density and ultrasonic sward height. Among exclusive sensor procedures MPLSR prediction accuracy was best (0.69 for common and 0.57 - 0.89 for date-specific models). PCs showed weak relationships (R^2 = 0.37) for common dataset. Prediction accuracy did not exceed R^2 of 0.65 by separation of dataset into sampling dates. Combination of USH with the spectral variables increased R^2 values for common swards from 0.44 (exclusive USH) up to 0.76. Irrespective of spectral sensor configuration, date-specific calibrations of FMY using combined sensors for SD1 and 2 (R^2 up to 0.92) performed better than for SD3 and 4.Obviously, sward structure is so complex at later stages of the grazing season that even sensor combinations did not produce adequate results. The lower model accuracies for FMY at later SDs may also be partly attributed to the higher amount of dead material at this time, as this can limit the ability of the reflectance sensor to detect canopy variation (Yang and Guo, 2014). All spectral variables complemented USH to predict FMY better in June (SD2) probably because of the minimum amount of dead materials in biomass. Considering the consequences of these limitations for the implementation of sensor fusion, it should be noted that the productivity of cool-season pastures is usually highest in the first half of the growing season. Further, major management practices are also scheduled mainly before summer, where pasture growth is frequently limited by water scarcity or progressively reduced day lengths. Combination of USH and NDSI or WV2 bands consistently produced best results in date-specific calibrations. These combinations were on par or even better

than the use of the full hyperspectral information. Although MPLSR was a robust method to adequately predict biomass, it is not feasible for livestock managers to implement the technique, as purchasing a full range hyperspectral radiometer is far too expensive (Starks et al. 2006). The relatively high prediction accuracy of WV2 bands points at the potential of the WordView-2 satellite system to provide large-scale images with an acceptable spatial resolution to assess larger pasture areas in farming practice.

Table 1. Regression and cross validation (CV) results for a range of sensor configurations used for prediction of fresh matter yield (FMY). Shown are exclusive sensor applications and combinations of ultrasonic sward height (USH) with a selection of spectral variables for common and date-specific datasets of swards with moderate, lenient and very lenient stocking rates in 2013.

	Exclusive				Combination with USH			
	SE [a]	R^2 [b]	RMSEcv[c]	R^2cv [d]	SE	R^2	RMSEcv	R^2cv
Common dataset (N [e] = 214)								
USH	417.0	0.44	424.9	0.42				
MPLSR [g]	281.5	0.69	290.2	0.67				
PCA [h]	444.0	0.37	448.4	0.35	278.0	0.76	285.7	0.66
WV2 [i]	482.9	0.25	486.3	0.24	288.0	0.74	296.7	0.62
NDSI [j]	349.5	0.61	350.7	0.59	288.4	0.74	299.5	0.63
Date 1 - 25th April to 2nd May (N = 54)								
USH	184.0	0.81	187.7	0.80				
MPLSR	154.8	0.86	216.2	0.78				
PCA	269.0	0.61	288.3	0.57	152.0	0.88	169.0	0.84
WV2	288.0	0.55	299.2	0.46	140.0	0.91	147.92	0.83
NDSI	253.8	0.64	274.8	0.60	122.6	0.92	132.2	0.90
Date 2 - 3rd to 5th June (N = 54)								
USH	586.0	0.46	617.5	0.40				
MPLSR	257.7	0.89	319.0	0.86				
PCA	378.0	0.78	419.8	0.73	336.0	0.83	377.3	0.76
WV2	426.0	0.72	444.1	0.67	318.0	0.86	338.5	0.74
NDSI	362.8	0.79	377.1	0.77	344.2	0.82	340.0	0.75
Date 3 - 21st to 23rd August (N = 52)								
USH	303.0	0.21	306.5	0.12				
MPLSR	221.9	0.57	306.1	0.33				
PCA	n.s.[f]	n.s.	n.s.	n.s.	246.0	0.51	257.6	0.30
WV2	272.0	0.40	287.9	0.25	239.0	0.57	257.5	0.32
NDSI	258.1	0.42	262.2	0.37	204.4	0.68	257.6	0.40
Date 4 - 30th September to 2nd October (N = 54)								
USH	214.0	0.45	231.2	0.39				
MPLSR	147.35	0.65	158.3	0.68				
PCA	225.0	0.39	240.8	0.35	209.0	0.47	216.8	0.44
WV2	220.0	0.43	226.7	0.32	184.0	0.68	243.9	0.43
NDSI	217.8	0.41	229.4	0.36	184.1	0.63	236.1	0.38

[a] SE: Standard error of regression (g m^{-2}).
[b] R^2: Regression coefficient of determination.
[c] RMSEcv: Root mean square error of cross validation (g m^{-2}).
[d] R^2cv: Cross validated coefficient of determination.
[e] N: Number of sampling plots.
[f] n.s.: Non-significant effect.
[g] MPLSR: Modified partial least square regression comprising the whole range of hyperspectral data.

[h] PCA: Principle component analysis derived components.
[i] WV2: WorldView2 satellite broad bands.
[j] NDSI: Narrow band normalized spectral vegetation index.

In a first approach, calibration models from the combination of USH and NDSI were used to generate 10 cm grid cell maps of FMY through geostatistical interpolation method ordinary kriging with the spherical semivariogram model (figure 1). Such maps allow the information to be used in further analysis to examine the effects of grazing intensities on spatial distribution patterns of fresh matter yield in the target paddocks.

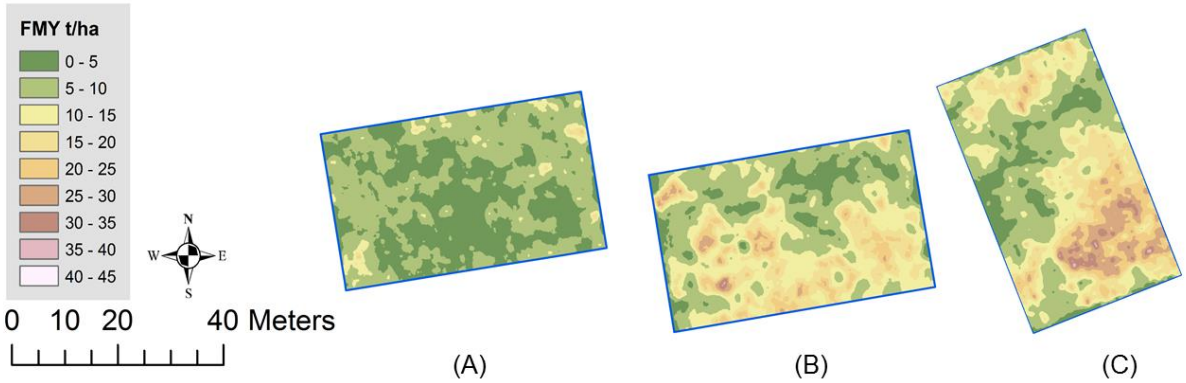


Figure 1. Spatial distribution maps of fresh matter yield in paddocks with different stocking rates: A) moderate B) lenient C) very lenient (3rd-5th June 2013).

Conclusion

The combination of ultrasonic and spectral sensor data for the prediction of biomass (FMY) produced in most cases significantly better results than their exclusive use. Prediction accuracy seems to be affected by species-specific traits obviously depending on phenological development according to the sampling dates. Even if future research is necessary to identify these limitations and improve sensor configurations, the conducted method can provide high resolution maps with acceptable prediction accuracies at early to medium growth stages common for non-extensive management, and allows for further analysis of spatio-temporal pasture dynamics.

References

Adamchuck, V. I., Viscarra Rossel, R. A., Sudduth, K. A., Lammers, P. S. (2011). Sensor fusion for precision agriculture. Sensor fusion – foundation and applications, InTech, chap. 2, 27–40.

Pittman, J. J., Arnall, D. B., Interrante, S. M., Moffet, C. A., Butler, T. J. (2015). Estimation of biomass and canopy height in bermudagrass, alfalfa, and wheat using ultrasonic, laser, and spectral sensors. Sensors (Basel, Switzerland), 15 (2), pp. 2920–2943.

Schellberg, J., Hill, M. J., Gerhards, R., Rothmund, M., Braun, M. (2008). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. European Journal of Agronomy, 29 (2-3), 59–71.

Starks, P. J., Zhao, D., Phillips, W. A., Coleman, S. W. (2006). Development of Canopy Reflectance Algorithms for Real-Time Prediction of Bermudagrass Pasture Biomass and Nutritive Values. Crop Science, 46 (2), p. 927.

Wrage, N., Şahin Demirbağ, N., Hofmann, M., Isselstein, J. (2012). Vegetation height of patch more important for phytodiversity than that of paddock. Agriculture, Ecosystems & Environment, 155, pp. 111–116.

Yang, X., Guo, X. (2014). Quantifying Responses of Spectral Vegetation Indices to Dead Materials in Mixed Grasslands. Remote Sensing, 6 (5), pp. 4289–4304.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 143–146 (2015)

Strukturelle und funktionale Limitierungen der Bestandesphotosynthese unter Salzstress

Tsu-Wei Chen[1], Katrin Kahlen[2] und Hartmut Stützel[1]

[1]Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover; [2]Institut für Gemüsebau, Hochschule Geisenheim, Von-Lade-Straße 1, Geisenheim. E-Mail: *chen@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Salzstress reduziert weltweit den Ertrag von Kulturpflanzen, da diese zumeist Glykophyten sind (Munns & Tester, 2008). Unter Salzstress bilden diese Pflanzen eine geringere Blattfläche und nehmen folglich weniger Licht auf (Chen *et al*., 2014a). Aus diesen Salzeffekten entstehen die durch die Pflanzenarchitektur bedingte Limitierungen der Bestandesphotosynthese (kurz „strukturelle Limitierungen“). Außerdem werden grundlegende Prozesse und Voraussetzungen der Stoffproduktion, z.B. die Regulation der Stomata, die Mesophyll-Leitfähigkeit von CO_2 und die biochemische Kapazität der Photosynthese durch den osmotischen Effekt von Salzstress und die Salzakkumulation im Blatt gestört (Delfine *et al*., 1999; Chen *et al*., 2015). Diese Salzeffekte bilden die „funktionalen Limitierungen“ der Bestandphotosynthese unter Salzstress. Bislang gibt es keine quantitative Abschätzung unterschiedlicher Salzstress-Intensitäten auf diese verschiedenen Limitierungen der Bestandphotosynthese, – weder über direkte Messdaten noch über Modellansätze. In dieser Arbeit wurden daher erstmalig die von Salzstress verursachten strukturellen und funktionalen Limitierungen der Bestandphotosynthese systematisch quantifiziert. Dieses Ziel wurde in drei Schritten erreicht: 1) Verknüpfung eines funktionell-strukturellen Pflanzenmodells (FSPM), in dem die 3D-Architektur der Pflanzen explizit dargestellt ist, mit einem Modell für Blattphotosynthese und einer quantitativen Limitierungsanalyse; 2) Neuentwicklung eines Modells für Blattphotosynthese, das die osmotischen und ionischen Effekte von Salzstress berücksichtigt, und 3) Verbindung des FSPM mit dem Modell für Blattphotosynthese unter Salzstress, um die strukturellen und funktionellen Limitierungen auf Bestandsniveau hochskalieren zu können. Gewächshausgurken (*Cucumis sativus* L.), eine salzempfindliche Pflanzenart (Stępień & Kłobus, 2006), wurden als Beispielkultur verwendet.

Material und Methoden

Der FSPM-Ansatz verknüpfte ein statisches Architekturmodell des Gurkenbestandes mit einem biochemischen Modell für Photosynthese und einer Limitierungsanalyse, um die funktionellen Limitierungen vom Blatt- bis Bestandniveau zu hochskalieren. Das Architekturmodell des Gurkenbestandes ist mittels des Computerprogramm *GroIMP* (Kniemeyer, 2008) aus digitalisierten 3D-Koordinaten-Daten der Gurkenpflanzenarchitektur rekonstruiert (Chen *et al*., 2014b) die in einem Gewächshausversuch im August 2013 unter drei Salzstufen (0, 25 und 50 mM zusätzliches NaCl in der Nählösung) erfasst wurden (Abb. 1). Dieses Architekturmodell wurde mit einem Lichtmodell (Buck-Sorlin *et al*., 2011) verknüpft, um die Lichtaufnahme individueller Blätter in dem Bestand nach der entsprechenden Bestandsarchitektur zu berechnen. Die Photosyntheserate einzelner Blätter in dem

Bestand wurde simuliert auf der Basis der lokalen Lichtintensität und eines biochemischen Modells für Photosynthese (Farquhar *et al*., 1980).

Die Effekte von Blattalter (Chen *et al*., 2014b) und osmotischen und ionischen Effekte von Salzstress (Chen *et al*., 2015) wurden berücksichtigt. Die funktionellen Limitierungen der Photosynthese können zudem durch eine Limitierungsanalyse in stomatäre (L_s), Mesophyll (L_m) und biochemische (L_b) Limitierung quantitativ aufgeteilt werden (Chen *et al*., 2014b; Grassi & Magnani, 2005). Diese Aufteilung gibt Einblick in die Empfindlichkeit einzelner physiologischen Prozesse für Salzstress. Die Einflüsse der Entwicklungsstadien der Pflanzen, der Lichtintensität über dem Bestand und der Salzkonzentration in den Nählösungen auf verschiedene funktionelle Limitierungen wurden systematisch analysiert.

Die strukturellen Effekte ($E_{str,x}$, %) des Salzstresses auf Bestandesphotosynthese unter *x* mM NaCl ist $(P_{W,0} – P_{W,ax})/P_{W,0}$, wo $P_{W,0}$ und $P_{W,ax}$ (µmol CO_2 Pflanze^{-1}s^{-1}) die simulierten Photosynthese-Raten einer nicht gestressten Pflanzen bzw. einer Pflanze mit Architektur unter *x* mM Salzstress aber nicht-gestresster Photosynthese-Leistung sind. Die funktionellen Limitierungen ($E_{fun,x}$, %) ist $(P_{W,ax} – P_{W,x})/P_{W,0}$, wobei $P_{W,x}$ die simulierte Photosynthese-Raten einer Pflanze unter *x* mM Salzstress ist.

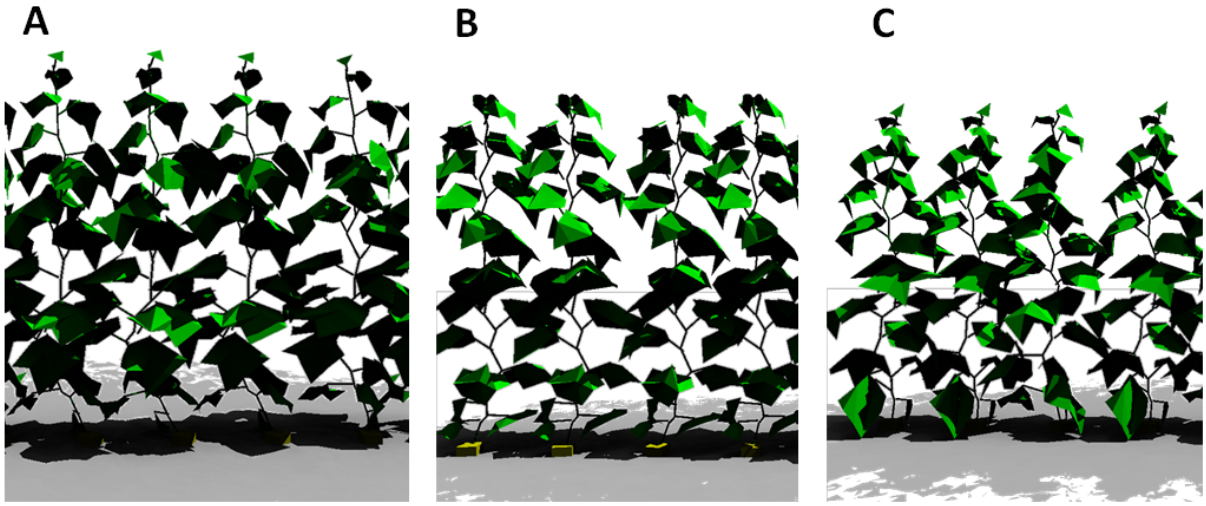


Abb. 1: Seitenansicht des im Computerprogramm *GroIMP* rekonstruierten 3D-Gurkenbestandes am Tag 14 nach dem Beginn des Salzstresses mit 0 (A), 25 (B) und 50 (C) mM NaCl.

Ergebnisse und Diskussion

Salzstress erhöhte die stomatäre Limitierung (L_s, Abb. 2A) und Mesophyll-Limitierung (L_m, Abb. 2B), aber verminderte die biochemische Limitierung (L_b, 2C) und die Licht-Limitierung (L_l, 2D) in allen Blattetagen. Die Einflüsse von Salzstress auf die Diffusionslimitierungen für den CO_2-Transport in die Chloroplasten (L_s + L_m) waren unterschiedlich zwischen den Blattetagen. Die jüngeren Blätter im Bestand waren empfindlicher auf den Salzstress als die älteren Blätter, ähnliche wie unter Trockenstress (Cano *et al*., 2013). Außerdem stiegen die Diffusionslimitierungen mit der Lichtintensität über dem Bestand (Daten nicht gezeigt). Der von Salzstress verursachte Anstieg der L_s und L_m unter 50 mM NaCl war 3-5 Mal höher als unter 25 mM NaCl. Die strukturellen Limitierungen waren höher als die funktionellen Limitierungen, insbesondere unter hohem Salzstress.

Auf Bestandesniveau trugen die für die Elektrontransportkette relevanten physiologischen Prozesse zum größten Anteil zur photosynthetischen Limitierung bei. Obwohl die toxische Wirkung von Natrium die biochemischen Kapazitäten (Rubisco-Carboxylierung und Elektrontransportrate) verringerte, hatten diese toxischen Effekte auf Bestandsniveau wenig Einfluss auf L_s. Das ist durch die Tatsache, dass im Vergleich mit den nicht-gestressten Pflanzen die CO_2-Konzentration in den Chloroplasten (C_c) der gestressten Pflanzen niedriger war, zu erklären. Eine niedrige C_c reduziert L_b und L_l (Chen *et al*., 2015).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die osmotischen Effekte von Salzstress für die strukturellen Limitierungen verantwortlich sind und die toxische Wirkung von Natrium auf die Stomataregulation im Blatt am stärksten zu den funktionalen Limitierungen der Bestandphotosynthese beiträgt. Der hier entwickelte Modellierungsansatz ermöglicht die Trennung von strukturellen und funktionellen Limitierungen, die durch experimentelle Arbeit nicht zu erreichen ist. Dieser neue systemanalytische Ansatz ermöglicht es daher, das Potential zur Verbesserung der Bestandesphotosynthese quantitativ und differenziert zu erfassen. Darauf aufbauend können verbesserte Strategien für Züchtung und pflanzenbauliche Maßnahmen entwickelt werden.

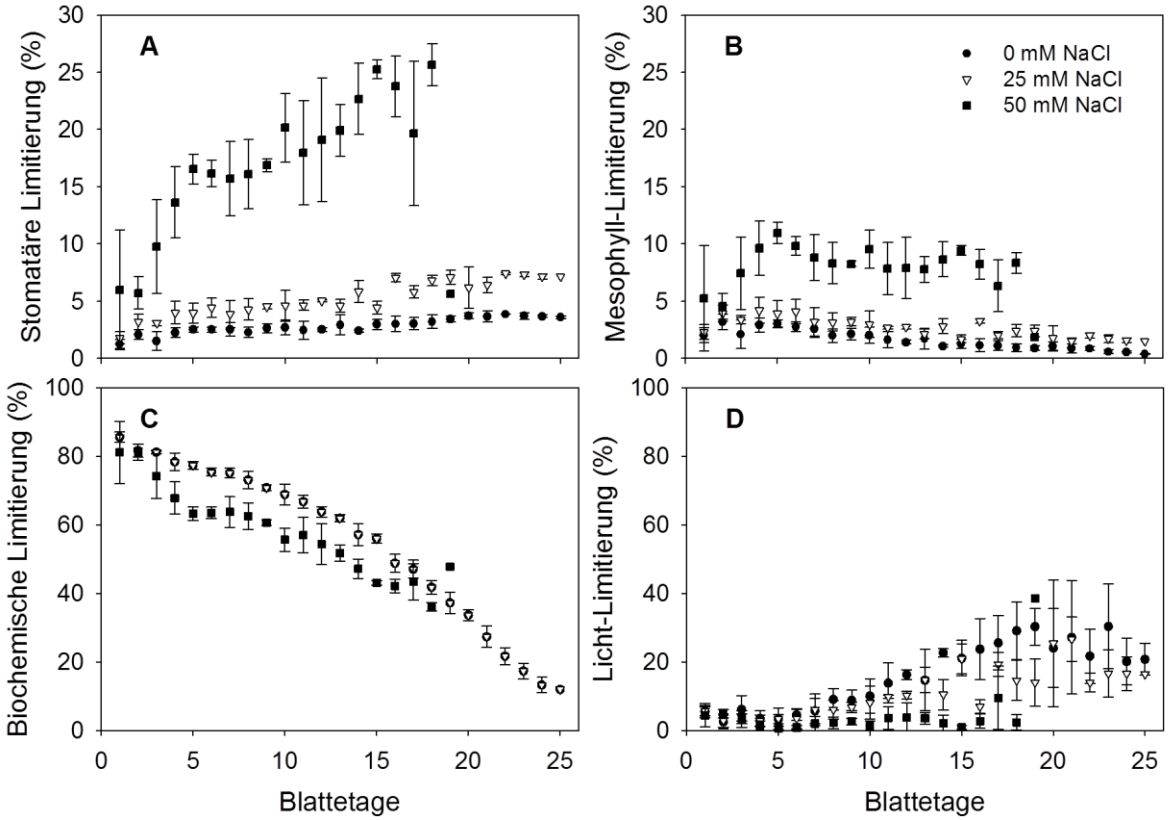


Abb. 2: Simulierte (A) stomatäre, (B) mesophyll, (C) biochemische und (D) Licht-Limitierungen bei verschiedenen Blattetagen vier Wochen nach dem Beginn des Salzstresses. Angenommen war die photosynthetisch aktive Strahlung über den Bestand 600 µmol photons m^{-2} s^{-1}. Die höheren Blattetagen bezeichnen die jüngeren Blätter im Bestand.

Literatur

Buck-Sorlin G, Visser PH de, Henke M *et al.* 2011. Towards a functional–structural plant model of cut-rose: simulation of light environment, light absorption, photosynthesis and interference with the plant structure. *Annals of Botany* 108: 1121–1134.

Cano F, Sánchez-Gómez D, Rodríguez-Calcerrada J, Warren C, Gil L, Aranda I. 2013. Effects of drought on mesophyll conductance and photosynthetic limitations at different tree canopy layers. *Plant Cell and Environment* 36:1961-1980.

Chen TW, Nguyen TMN, Kahlen K, Stützel H. 2014a. Quantification of the effects of architectural traits on dry mass production and light interception of tomato canopy under different temperature regimes using dynamic functional-structural plant model. *Journal of Experimental Botany* 65: 6399–6410.

Chen TW, Henke M, Visser PHB de *et al.* 2014b. What is the most prominent factor limiting photosynthesis in different layers of a greenhouse cucumber canopy? *Annals of Botany,* 114: 677-688.

Chen, TW, Kahlen, K, Stützel, H. 2015. Disentangling the contributions of osmotic and ionic effects of salinity on stomatal, mesophyll, biochemical and light limitations to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*: in press. DOI: 10.1111/pce.12516

Delfine S, Alvino A, Villani M, Loreto F. 1999. Restrictions to carbon dioxide conductance and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. *Plant Physiology* 119**,** 1101–1106.

Farquhar G, Caemmerer S von, 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.

Kniemeyer O. 2008. Design and implementation of a graph grammar based language for functional–structural plant modelling. PhD thesis, BTU Cottbus, Germany.

Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651–681.

Stępień, P, Kłobus, G. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia Plantarum* 50: 610–616.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 147–150 (2015)

Ökoeffizienz des ökologischen und konventionellen Marktfruchtbaus - ein konzeptioneller Beitrag zur Bewertung von Landnutzungssystemen

L. Biernat, C. Kluß, R. Loges und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung / Abteilung Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel. E-Mail: *lbiernat@gfo.uni-kiel.de*

Einleitung

Die Umweltwirkungen der Landwirtschaft werden vor dem Hintergrund von politisch induzierten Gewässer- sowie Klimaschutzzielen intensiv diskutiert. Es ist bekannt, dass der ökologische Landbau zu einer Verminderung negativer Umwelteffekte je Hektar Produktionsfläche beitragen kann (MONDELAERS et al. 2009). Die Ertragsleistungen sind im Vergleich zum konventionellen Landbau allerdings deutlich niedriger einzuordnen (DE PONTI et al. 2010). Aufgrund der langfristig global zunehmenden Nachfrage nach Agrarrohstoffen bei gleichzeitiger Verknappung landwirtschaftlicher Nutzfläche, ist somit auch eine relative Betrachtung, d.h. die Erfassung der Umweltwirkungen je Einheit erzeugtes Produkt entscheidend (z.B. je Getreideeinheit [GE]). Ein Ziel des Agrarsektors sollte es vor diesem Hintergrund sein, zukünftig eine hohe Produktionsleistung auf den bestehenden weltweiten Nutzflächen anzustreben und gleichzeitig die Umweltbelastung zu minimieren, was sich über eine möglichst hohe Ökoeffizienz ausdrücken lässt. Dahinter steht das Konzept der „nachhaltigen bzw. ökologischen Intensivierung“ (THE ROYAL SOCIETY,-2009), deren Ziel es ist Umweltbelastungen je Produkteinheit zu minimieren und somit Regionen mit höchster Ökoeffizienz zu lokalisieren bzw. auf lokaler Ebene Anbausysteme mit hoher Ökoeffizienz zu bestimmen. Für globale Umweltprobleme, wie beispielsweise die Emissionen klimarelevanter Gase, bietet sich eine produktbezogene Betrachtungsweise [CO_2-Äquivalente GE^{-1}] an, wohingegen lokale Umweltbelastungen z.B. Nitratauswaschung über den Pfad Sickerwasser auf der flächenbezogenen Skalenebene (kg NO_3^- ha^{-1}) diskutiert werden sollten (MONDELAERS et al. 2009). Unter den spezifischen Anbaubedingungen Norddeutschlands sind derzeit kaum Studien speziell auf der Skalenebene „landwirtschaftlicher Betrieb“ vorhanden, die zudem wichtige Nachhaltigkeitsparameter auf die Produktivität des Standortes beziehen. Aufgrund von günstigen Standortbedingungen gilt das östliche Hügelland Schleswig-Holsteins als Hochertragsstandort der Getreide- und Rapsproduktion. Es stellt sich die Frage, welche Landnutzungsintensitäten (ökologisch versus konventionell) an diesem Hochertragsstandort speziell für den Marktfruchtbau optimal sind. Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen einer Ökoeffizienzanalyse unter anderem klimarelevante Treibhausgasemissionen (THG) und die Stickstoffauswaschung auf Praxisschlagniveau gemessen. Basierend auf Vorarbeiten der Gruppe (TAUBE et al., 2005) stellen wir die Hypothese auf, dass ein intensiver konventioneller Marktfruchtbau unter ‚best practice‘ Bedingungen eine höhere Ökoeffizienz aufweist als ökologische Anbausysteme.

Material und Methoden

Zur repräsentativen Erfassung der Leistungen und ökologischen Effekte der Landnutzung wurde im Rahmen des Projektes „Hof-Ritzerau“ ein Landschafts-

ausschnitt im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins von insgesamt ca. 650 ha über einen Zeitraum von zwei Jahren betrachtet, um auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben die folgenden vier Systeme hinsichtlich ihrer Ökoeffizienz zu quantifizieren.

I.) Ökolandbau „Hof-Ritzerau“ N-intensive Fruchtfolge (40 % Leguminosenanteil):
1. Rotkleegras; 2. Winterweizen; 3. Winterroggen; 4. Erbsen; 5. Winterroggen
Der durchschnittliche N-Eintrag über die N_2-Fixierungsleistung beträgt 65 kg N ha^{-1} im Mittel über zwei Jahre.

II.) Ökolandbau „Hof-Ritzerau“ N-extensive Fruchtfolge (25 % Leguminosenanteil):
1. Rotkleegras; 2. Winterweizen; 3. Winterroggen; 4. Hafer
Der durchschnittliche N-Eintrag über die N_2-Fixierungsleistung beträgt 50 kg N ha^{-1} im Mittel über zwei Jahre.
Beide genannten Anbausysteme werden nach den Richtlinien des Biolandverbandes viehlos bewirtschaftet.

III.) Konventionelle Vergleichsfruchtfolge (Ø-N-Düngung 195 kg N ha^{-1}):
1. Winterraps; 2. Winterweizen; 3. Winterweizen; 4. Zuckerrüben; 5. Winterweizen

IV). Referenzsysteme:
1. extensiv genutztes Dauergrünland:
2004 etabliert; ökologisch bewirtschaftet; 2-Schnittnutzung; keine N-Düngung; N-Eintrag über N_2-Fixierungsleistung im Mittel über zwei Jahre 68 kg N ha^{-1}
2. Laubwald: Hauptbestandsbildner Rotbuche

Die langjährige Durchschnittstemperatur beträgt 8,5°C bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 750 mm. Die Lage der Untersuchungsareale wurde auf den jeweiligen Praxisflächen systematisch angelegt. Die Erfassung der klimarelevanten Spurengase N_2O und CH_4 erfolgte während des gesamten Untersuchungszeitraums mindestens einmal wöchentlich mit dem statischen Messkammerprinzip nach HUTCHINSON UND MOSIER (1981). Die Stickstoffauswaschung wurde mittels keramischer Saugkerzen bestimmt. Die wöchentlichen Probeentnahmen während der Sickerwasserperiode (Oktober - März) erfolgten in unmittelbarer Nähe zu den Untersuchungsarealen der THG-Emissionen. Die Berechnung der THG-Emissionen, ausgedrückt in CO_2-Äquivalenten, erfolgte durch Multiplikation der Spurengasflüsse der Feldmessungen mit dem „Global Warming Potential“ (N_2O x 298; CH_4 x 25) (IPCC, 2007). Sämtliche Ernteprodukte der Flächen wurden gewogen und zur besseren Vergleichbarkeit mit der Maßzahl „Getreideeinheit (GE)“ gemäß BMELV (2012) bewertet. Daten bezüglich der Biodiversität wurden im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Hof-Ritzerau“ erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte als gemischtes Model mit System, Fruchtfolge und Periode als fixe Faktoren mit der Statistiksoftware „R“.

Ergebnisse und Diskussion

Die ökologisch bewirtschafteten Fruchtfolgesysteme weisen flächenbezogen geringere THG-Emissionen im Vergleich zum konventionellen System auf (Abb.1(I.)). Allerdings zeigt die konventionelle Fruchtfolge eine deutliche Ertragsüberlegenheit. Anhand der produktbezogenen THG-Emissionen (kg $CO_{2äq}$ GE^{-1}) zeigt sich weiter, dass die Emissionen klimarelevanter Gase im Ökolandbau im ersten Untersuchungsjahr niedriger anzusetzen sind. Im zweiten Untersuchungsjahr sind keine signifikanten Vorteile eines Anbausystems je Produkteinheit (GE) erkennbar.

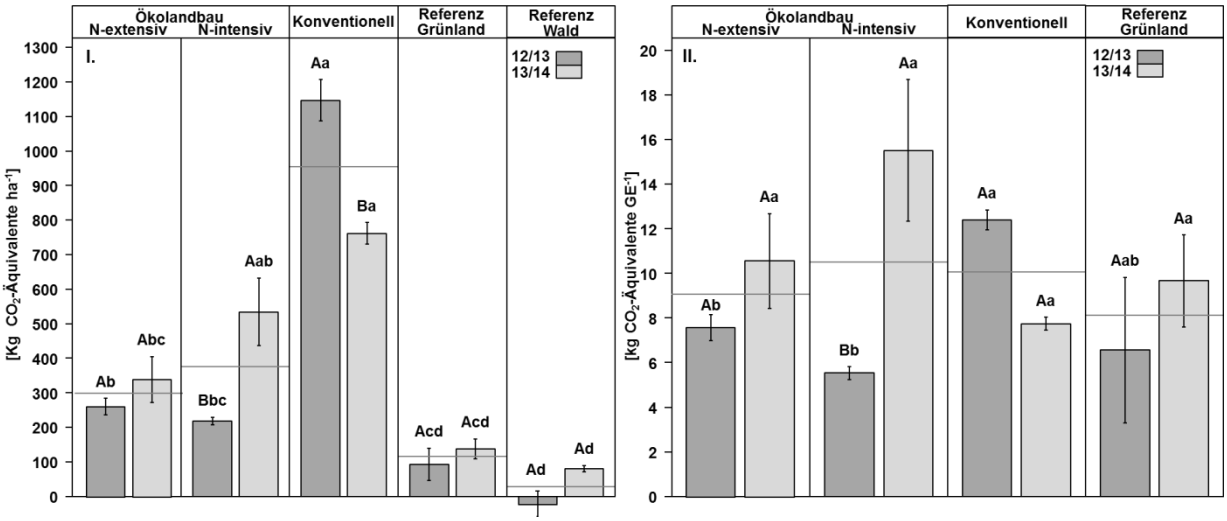


Abb.1: *(I.) Flächenbezogene THG-Bilanzen der einzelnen Fruchtfolgesystemen im Durchschnitt gegenüber den Referenzsystemen; (II.) Ertragsbezogene THG-Bilanzen der einzelnen Fruchtfolgen im Durchschnitt gegenüber dem Referenzsystem Dauergrünland jeweils für zwei Untersuchungsjahre basierend auf den Feldmessungen (Okt 2012 – Okt 2013; Okt 2013 – Okt 2014). Großbuchstaben: signifikante Jahresunterschiede innerhalb des Systems; Kleinbuchstaben: signifikante Systemunterschiede innerhalb des Untersuchungsjahres*

Des Weiteren lag die flächenbezogene Nitratauswaschung in beiden ökologisch bewirtschafteten Fruchtfolgen unterhalb des konventionellen Systems. Dagegen ist die produktspezifische N-Auswaschung in der konventionell bewirtschafteten Fruchtfolge deutlich niedriger einzuordnen, was über die Ertragsüberlegenheit zu begründen ist.

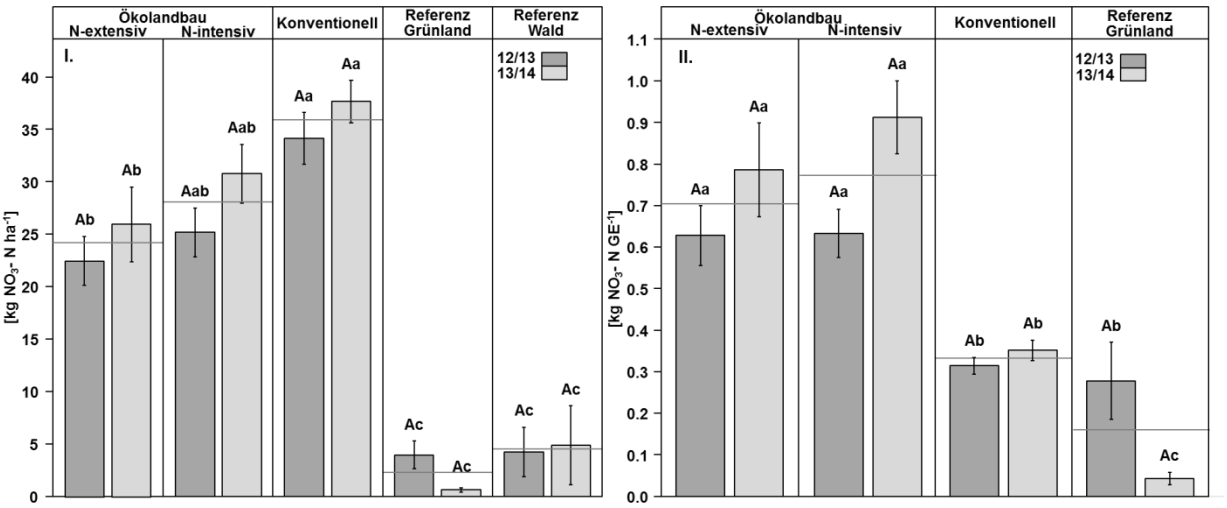


Abb.2: *(I.) Durchschnittliche Nitrat-N-Auswaschung pro Hektar der betrachteten Fruchtfolgen gegenüber den Referenzflächen; (II.) Ertragsbezogene Nitratauswaschung der unterschiedlichen Fruchtfolgen gegenüber dem Referenzsystem Dauergrünland jeweils für die Sickerwasserperioden 2012/2013 und 2013/2014. Großbuchstaben: signifikante Jahresunterschiede innerhalb des Systems; Kleinbuchstaben: signifikante Systemunterschiede innerhalb des Untersuchungsjahres*

Entgegen der formulierten Arbeitshypothese haben beide Anbausysteme ihre Berechtigung auf Hochertragsstandorten des Ackerbaus. Gerade auf Gunststandorten gehen die Erträge bei Umstellung auf den ökologischen Landbau

erheblich zurück, was darüber hinaus bei großflächiger Umstellung auf den ökologischen Landbau einem sogenannten „indirekten Landnutzungswandel“ (ILUC) im globalen Maßstab induzieren kann, mit möglicherweise negativeren ökologischen Auswirkungen als unter heimischen Produktionsbedingungen. Diese ILUC-Effekte sind als kritisch einzuordnen und müssten dem hiesigen Ökolandbau konsequenter Weise zugerechnet werden. Dies ist zunächst ein starkes Argument für optimal geführte konventionelle Systeme angesichts der Tatsache, dass weltweit Agrarrohstoffe ein knappes Gut sind. Vor diesem Hintergrund sind daher Ertragssteigerungen im Ökolandbau notwendig, um die Konkurrenzfähigkeit des Ökolandbaus hinsichtlich der Ökoeffizienz voll zu entfalten. Während diese Potentiale im spezialisierten Öko-Ackerbau begrenzt sind, können in Gemischtbetriebsmodellen Effizienzsteigerungen über den Einsatz organischer Dünger aus der Tierhaltung realisiert werden. Nicht außer Acht gelassen werden sollte, dass der ökologische Landbau einen positiven Beitrag im Bereich der Biodiversität erbringen kann (MONDELAERS et al. 2009). In Langzeitstudien des interdisziplinären Forschungsprojektes „Hof Ritzerau“ wurde neben abiotischen Funktionen die Entwicklung der Organismenvielfalt verschiedenster Artengruppen z.B. der Avifauna in Abhängigkeit der Dauer des ökologischen Anbaus systematisch untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Biodiversitätspotentiale mit zunehmender ökologischer Bewirtschaftung anstiegen. Aufgrund der angeführten Zusammenhänge stellen Mosaikstrukturen zwischen konventionellen und ökologischen Wirtschaftsweisen einen anzustrebenden Zustand in der Projektregion dar. Die hier dargestellten THG-Bilanzen werden durch betriebsbedingte CO_2-Verluste und indirekte N_2O-Emissionen komplettiert.

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen werden in dankenswerter Weise langfristig vom Betriebseigentümer Herrn Günther Fielmann finanziert.

Literatur

BMELV (2012): 172. Getreideeinheitenschlüssel. http://berichte.bmelv- statistik.de/SJT-3120100-2012.pdf (letzter Aufruf am 03.05.2015)

De Ponti, T., Rijk, B., Van Ittersum, M.K., (2012): The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agricultural Systems 108. 1-9

Hutchinson G. L., Mosier A. L. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. Soil Science Society of America Journal 45: 311-316

IPCC (2007): Climate Change 2007. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge, UK, New York, NY, USA: Cambridge University Press

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

Mondelaers, K., Aertsens, J., Van Huylenbroeck, G. (2009): "A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming", British Food Journal 111 (10), 1098 – 1119

The Royal Society (2009): Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. London. (www.Royalsociety.org)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 151–154 (2015)

Innovative Methoden zur Analyse der Wirkungen ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf die Regenwurmdiversität

Wolfrum, Sebastian

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising. E-Mail: *sebastian.wolfrum@tum.de*

Einleitung

Für viele Landwirte, gerade im ökologischen Landbau, haben Regenwürmer einen hohen Stellenwert als „Mitarbeiter“ im Betrieb. Eine aktuelle Metastudie von van Groenigen et al. (2014) bestätigt die positiven Effekte auf wichtige Produktionsparameter und geht von einer Ertragssteigerung durch Regenwürmern von bis zu 25% aus. Das Beispiel der Regenwürmer zeigt, dass die landwirtschaftliche Produktion in enger Verbindung mit Biodiversität steht. Einerseits müssen negative Effekte auf Kulturpflanzen, z. B. durch Konkurrenz oder direkte Schädigung, verhindert werden. Andererseits sichert die Biodiversität auch viele, zumeist kostenlosen Ökosystemleistungen, die die landwirtschaftliche Nutzung erst ermöglichen oder die Menge und Qualität der erzeugten Produkte positiv beeinflussen. Aus pflanzenbaulicher Sicht sind Informationen zum Zustand und zur Entwicklung von Biodiversität somit in mehrfacher Hinsicht von Interesse. So sind für ein angepasstes „Biodiversitätsmanagement“ genaue Kenntnisse über wichtige Funktionen und Prozesse wie Nährstoffkreisläufe oder Wasserhaushalt von Bedeutung. Bodenfruchtbarkeit, für die die Regenwürmer eine große Rolle spielen, ist eine weitere dieser relevanten Funktionen. Dazu durchgeführte Felduntersuchungen zu Vorkommen und Verteilung von Regenwürmern sind meist umfangreich und sehr aufwendig. Trotz allem sind die Aufnahmen meist nicht vollständig, was bei der statistischen Auswertung berücksichtigt werden muss (Gotelli und Collwell 2001). Auch nutzen viele Studien nicht den vollen Informationsgehalt der Daten, da sie sich auf die Analyse einzelner Parameter wie die Artenzahl beschränken. Der Beitrag greift diese beiden Aspekte auf und stellt am Beispiel der Regenwürmer innovative Methoden für die Analyse von Biodiversitätsdaten vor. Diese ermöglichen, neben validen taxonomischen auch phylogenetische und funktionale Aspekte in komplexen Analysen zu Wirkungen von Anbausystemen oder Bewirtschaftungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Daten können somit effizienter genutzt werden, um Zusammenhänge, die das „Biodiversitätsmanagement“ landwirtschaftlicher Betriebe verbessern können, zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Daten zu Regenwurmvorkommen wurden zum einen 2010 auf acht ökologischen und acht konventionellen Praxisbetrieben im Bayerischen Tertiärhügelland (Süddeutschland) erfasst. Zum anderen wurde 2014 in einem 2009 auf der Versuchsstation Viehhausen bei Freising etablierten Fruchtfolge-Düngungs-Versuch mit vier ökologischen und zwei konventionellen Fruchtfolgen mit jeweils fünf Fruchtfolgefeldern Regenwurmdaten erhoben. Die Erfassung erfolgte einheitlich mit einer kombinierten Methode aus chemischer Extraktion mittels verdünnter Senföllösung (Allylisothiocyanat) und zeitbegrenzter Handauslese. Details der Erfassungsmethoden finden sich bei Dennis et al. (2012). Die statistischen Analysen erfolgten in R 3.1.3 (R Core Team 2015). Zur Visualisierung der Daten wurden Rényiprofile und Artenakkumulationskurven (SACs) mit dem Paket „BiodiversityR“ (Kindt & Coe 2005) erstellt. Standardisierte Werte für die taxonomische (TD), phylogenetische (PD) und

funktionale (FD) Alpha- und Betadiversität wurden mit dem Packet „BAT“ (Cardoso et al. 2015) berechnet. Der phylogenetische Stammbaum der Arten wurde mit Hilfe der Datenbank „phyloT“ (http://phylot.biobyte.de) generiert. Für die Berechnung der funktionalen Diversität wurden nach Hedde et al. (2012) standardisierte Profile mit der Affinität der Regenwurmarten zu verschiedenen Eigenschaften zusammengestellt. Standardisierte Biodiversitätsindizes wurden mit dem Packet „iNEXT“ (Hsieh et al. 2014; Chao et al. 2014) berechnet. Weiter wurden die Packete „simboot“ (Scherer und Pallmann 2014) und „mvabund“ (Wang et al. 2015) verwendet, um Biodiversitätsindizes und die Artenzusammensetzung auf Unterschiede zwischen den Anbausystemen und anderen Faktoren zu testen. Mit den Ergebnissen von 36 Probepunkten auf Ackerflächen der 16 Praxisbetriebe wurde abschließend ein varianzbasiertes Strukturgleichungsmodell (PLS-PM) entwickelt, mit dem komplexe Zusammenhänge geprüft werden können. Für die Berechnung und Evaluation des PLS Pfadmodells wurde die Software SmartPLS 3.2.1 (Ringle et al. 2015) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Auf den Paxisbetrieben wurden 8917 Individuen (11 Arten) und im Systemversuch 3341 Individuen (8 Arten) gefunden. Tab.1 fasst die Ergebnisse für den Systemversuch zusammen. Für beide Datensätze unterscheiden sich die Schlussfolgerungen aus den einzelnen Parametern auf Grund der wenigen vorkommenden Regenwurmarten kaum voneinander. Vor allem TD, PD und FD Werte sind ähnlich.

Tab.1: Ergebnisse unterschiedlicher Biodiversitätsparameter für die Varianten des Systemversuchs Viehhausen. TD, PD und FD sowie die beiden Biodiversitätsindizes wurden standardisiert auf die Individuenzahl n=100.

Betriebssystem	Gesamt-abundanz	Anteil Juvenile	Gesamt-biomasse	α_{obs}	γ_{obs}	β	TD_r	PD_r	FD_r	exp. $Shannon_r$	inv. $Simpson_r$
öko. Marktfrucht	534	72%	181,9	3,4	5	0,64	5,0	2,8	1,8	3,0	2,5
öko. Milchvieh/Gülle	584	64%	207,6	3,8	6	0,64	5,5	3,1	1,9	3,6	3,2
öko. Milchvieh/Stallmist	530	64%	213,8	3,6	6	0,67	5,9	3,4	2,0	3,1	2,7
öko. Biogas	555	67%	198,4	3,8	7	0,64	6,5	3,6	2,4	3,5	3,0
int. Marktfrucht	660	67%	242,5	3,0	6	0,56	5,6	3,2	1,9	2,3	2,0
int. Marktfrucht/Gülle	478	71%	188,5	3,1	6	0,68	6,0	3,5	2,0	2,7	2,3

In den Praxisbetrieben war auf Grund der nur einmal in feuchtem Grünland nachgewiesenen Art *Eiseniella tetraedra* die Diversität der konventionellen Betriebe höher (Abb.1a). In Abb.1b wird die höhere Artenzahl im Grünland deutlich. Werden diese Einzelnachweise weniger stark gewichtet ($\alpha > 0$), verringert sich der Unterschied schnell. Die statistische Auswertung spiegelte diese grafische Darstellung wieder, ergab aber nur Unterschiede für die Nutzungstypen.

Im Systemversuch war dagegen in den ökologischen Varianten die Regenwurmdiversität höher als in den integrierten Varianten. Abb.2a zeigt dies und auch die höhere Individuenzahl deutlich. In Bezug auf die verschiedenen Betriebssysteme konnte die geringste Individuen- und Artenzahl im ökologischen Marktfrucht- und die höchste Artenzahl im ökologischen Biogassystem gefunden werden (Abb.2b). Die anderen Varianten lagen dazwischen. Zum einen scheint dabei die organische Düngung eine Rolle zu spielen und zum anderen die am Acker verbleibenden Pflanzenrückstände. Diese werden z. B. durch Kleegras aber auch durch die die Biomasseproduktion fördernde mineralische Düngung erhöht. Auch für den Systemversuch stimmten statistische Ergebnisse mit der graphischen Interpretation überein.

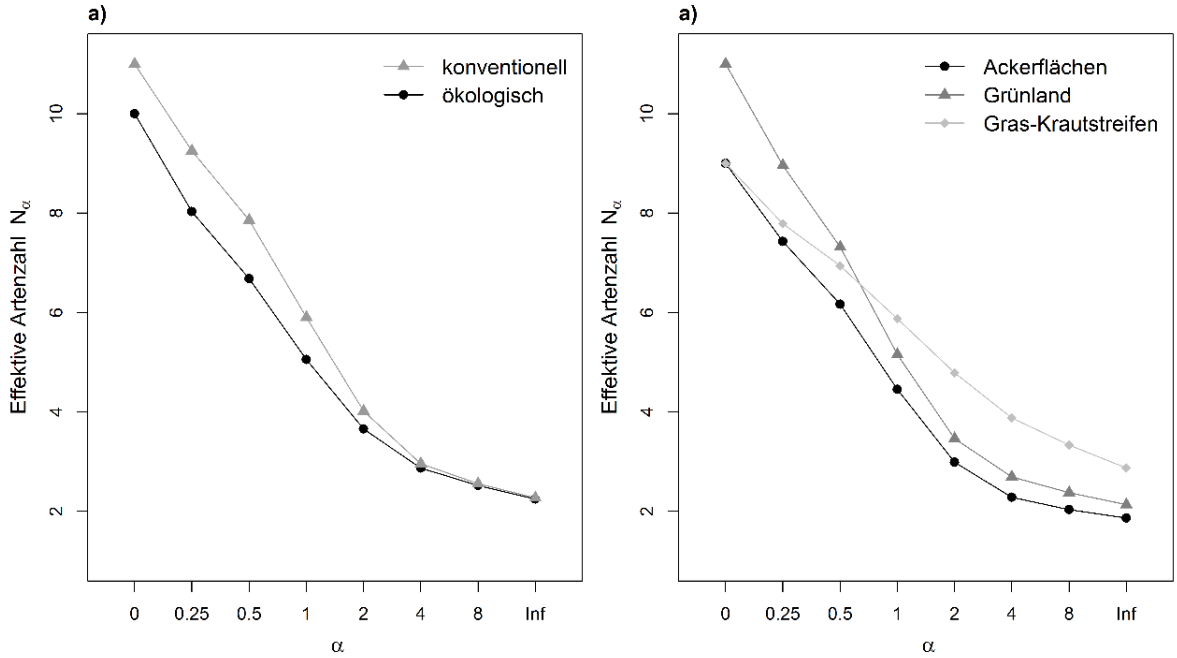


Abb.1: Rényiprofile Praxisbetriebe für a) Managementsystem und b) Nutzungstyp. Die effektive Artenzahl N_α entspricht für α=0 der Artenzahl, für α=1 dem exponentiellen Shannon und für α=2 dem inversen Simpson Index (vgl. Jost 2006).

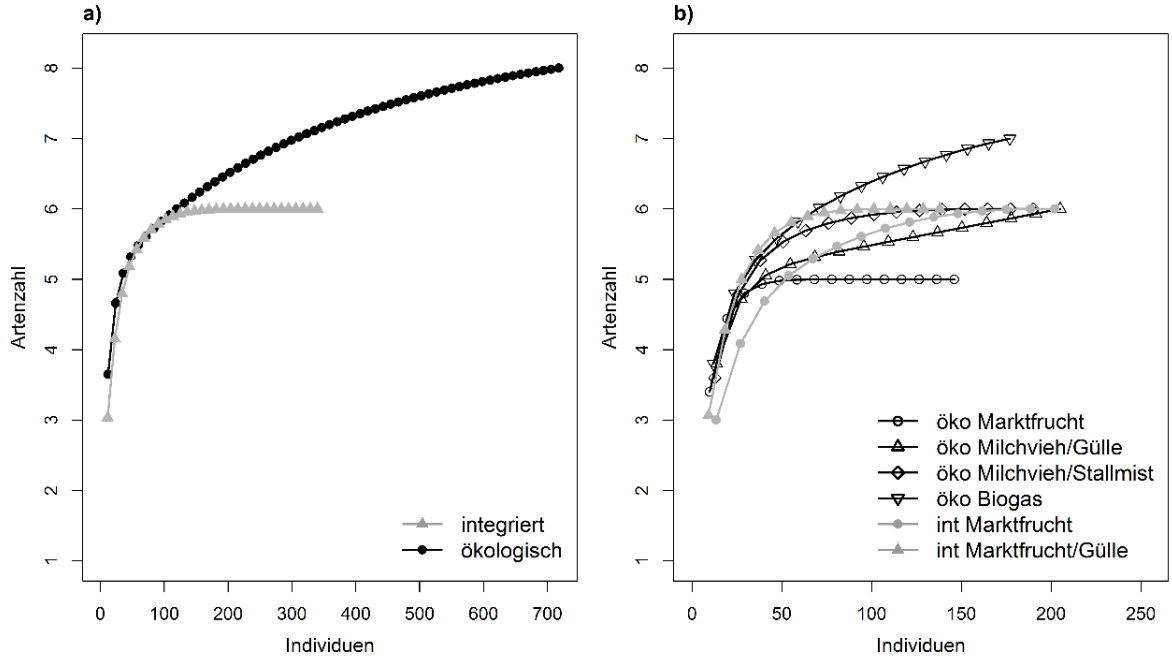


Abb.2: Artenakkumulationskurven Systemversuch für a) Managementsystem und b) Betriebssystem. Die x-Achse wurde von der Anzahl Probeflächen auf Individuenzahlen umgerechnet.

Das PLS Modell (Abb. 3) zeigt wie erwartet Zusammenhänge von Bewirtschaftungsintensität und Ertrag (R^2=0,475) sowie Standortpotential und Regenwurmdiversiät (R^2=0,197). Ein positiver Einfluss der Regenwürmer auf den Ertrag wie bei van Groenigen et al. (2014) konnte mit diesen Daten nicht nachgewiesen werden.

Die vorgestellten Methoden erlauben eine valide und differenzierte Interpretation und Bewertung von Biodiversitätsdaten auch in komplexen kausalen Zusammenhängen. Für die Bearbeitung agrarökologischer Fragen sind sie somit zu empfehlen.

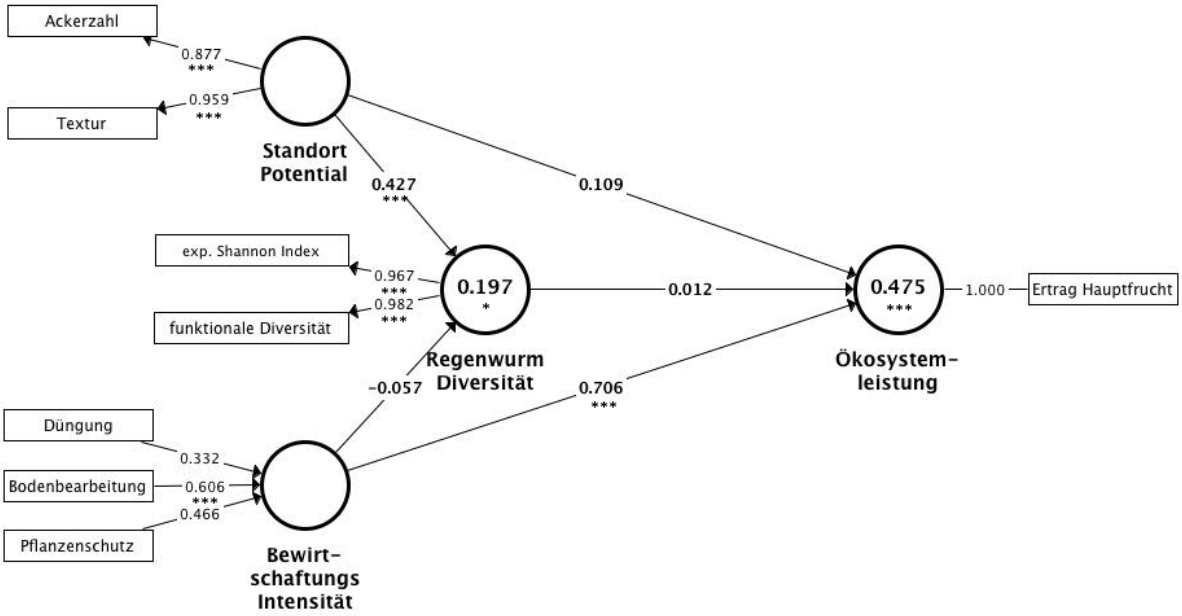


Abb. 3: PLS Pfadmodell mit vier latenten Variablen sowie deren Beziehungen und Indikatoren. Signifikante R^2, Pfadkoeffizienten, Ladungen und Gewichtungen sind mit Sternen gekennzeichnet.

Danksagung

Teile dieser Arbeit wurden gefördert durch das EU FP7 Projekt „BIOBIO – Biodiversity for organic and low-input farming systems“ (KBBE-2008-1-2-01 Project no.: 227161). Besonderer Dank gilt Harald Schmid.

Literatur

Cardoso P., Rigal F., Carvalho J.C. (2015): BAT: Biodiversity Assessment Tools. R package version 1.3.0.

Chao A., Gotelli N.J., Hsieh T.C., Sander E.L., Ma K.H., Colwell R.M., Ellison A.M. (2014): Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs 84:45-67.

Gotelli N.J., Colwell R.K. (2001): Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters 4 (4), S. 379–391.

Hedde M., van Oort F., Lamy I. (2012): Functional traits of soil invertebrates as indicators for exposure to soil disturbance. Environmental pollution 164, S. 59–65.

Hsieh T.C., Ma K.H., Chao A. (2014): iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 2.0.

Kindt R., Coe R. (2005): Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi.

R Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ringle C.M., Wende S., Becker J.-M. 2015: SmartPLS 3. Boenningstedt: SmartPLS GmbH.

Scherer R., Pallmann P. (2014): simboot: Simultaneous inference for diversity indices. R package version 0.2-5.

van Groenigen, J.W., Lubbers I.M., Vos H.M.J., Brown G.G., De Deyn, G.B., van Groenigen K.J. (2014): Earthworms increase plant production: a meta-analysis. Scientific reports 4, S. 6365.

Wang Y., Naumann U., Wright S., Warton D. (2015): mvabund: Statistical Methods for Analysing Multivariate Abundance Data. R package version 3.10.4.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 155–158 (2015)

Modellbasierte Analyse von pflanzenbaulichen und genotypischen Potenzialen zur Verbesserung der N-Ausnutzung und Ertragsbildung von Winterraps

Wiebke Weymann, Ulf Böttcher und Henning Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel. E-Mail: *weymann@pflanzenbau.uni-kiel.de*

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist der Winterrapsanbau in Europa (v.a. in Deutschland, Frankreich und Großbritannien) stark angestiegen. Europäische und nationale Richtlinien führen aktuell zu einer Stagnation bzw. Reduktion der Anbaufläche (Eurostat 2015). Die Richtlinie zur Nutzung erneuerbarer Energien (RED, Europäische Union 2009) fordert eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen. Anbau, Transport und Produktion von Biokraftstoffen müssen die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu fossilen Brennstoffen signifikant minimieren, seit 2009 um 35%, ab 2017 um 50% und ab 2018 um 60%. Eine der wichtigsten Treibhausgase im Anbau ist N2O, welches insbesondere direkt während und nach der Düngung emittiert und bei besonderen Witterungsereignissen, wie z.B. Frost-Tau-Zyklen im Boden, freigesetzt wird. Neben gasförmigen Emissionen, geht Stickstoff (N) aber auch durch Auswaschung verloren, insbesondere im Herbst und Winter. Die deutsche Düngeverordnung setzt eine Obergrenze für das zulässige N-Saldo von Fruchtfolgen im dreijährigen Mittel auf 60 kg N/ha. Im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung wurde eine Absenkung ab 2018 auf einen Grenzwert von 50 kg N/ha vorgeschlagen. Da beim Anbau von Winterraps regelmäßig ein N-Saldo von 80-100 kg N/ha auftritt (Sieling und Kage 2006), besteht ein hohes Risiko, dass Fruchtfolgen mit Winterraps die Grenzwerte der Düngeverordnung nicht einhalten.

Die beschriebenen Herausforderungen im Winterrapsanbau beruhen hauptsächlich auf dem hohen N-Bedarf und der ineffizienten N-Nutzung (Schjoerring et al. 1995, Hocking et al. 1997). Im Vergleich zu Getreide hat Winterraps eine niedrige N-Nutzungseffizienz, wobei die Komponente N-Aufnahmeeffizienz eher hoch ist, während die Komponente N-Verwertungseffizienz tendenziell gering ist. Das liegt einerseits an der zeitlichen Verschiebung zwischen maximaler N-Aufnahmekapazität und maximaler N-Mineralisierungsrate, als auch an der unvollständigen Umverlagerung von N während der durch Alterung und Selbst-Beschattung induzierten Seneszenzprozesse. Dies führt zu einer hohen N-Konzentration im abgestorbenen Blattgewebe und erhöht die potenziell auswaschungsgefährdete N-Menge (Malagoli et al. 2005).

Das Ziel dieser Studie ist die Entwicklung eines dynamischen Pflanzenwachstumsmodells zur Simulation von Trockenmasseproduktion und –partitionierung, N-Aufnahme und –Verteilung, Wachstum photosynthetisch aktiver Fläche und Ertragsbildung. Anschließend soll das Modell genutzt werden, um pflanzenbauliche und genotypische Potenziale zur Verbesserung der N-Nutzung und Ertragsbildung quantitativ abzuschätzen.

Material und Methoden

Zur Simulation der Winterrapsentwicklung auf Tagesschrittbasis unter optimalen und wasser- und N-limitierten Bedingungen wurde ein dynamisches Pflanzenwachstumsmodell entwickelt. Das Modell simuliert Trockenmassebildung und –partitionierung, N-Aufnahme und –Verteilung, Bildung photosynthetisch aktiver Fläche und Ertragsbildung. Dabei werden winterrapsspezifische Prozesse, u.a. Überwinterung, Seneszenz durch Frost, Selbst-Beschattung und Alterung, Verlust und Translokation von Assimilaten und N-Mengen, Absorption und Reflektion von Licht durch die Blüten- und Schotenschicht, sowie Öl-Synthese berücksichtigt.

Die Parametrisierung des Modells erfolgte anhand von zwei mehrjährigen Datensätzen (Tabelle 1) vom Standort Hohenschulen, Norddeutschland (lehmiger Sand; langjähriges Mittel: 757 mm, 8.7°C). Das Modell wurde mit vier Datensätzen aus Deutschland und Frankreich validiert.

Tabelle 1: Kalibrierungsdatensätze vom Standort Hohenschulen

Datensatz	Management
1	· 2004/05 - 2006/07 · N-Düngung im Frühjahr (0, 80, 200, 240 kg/ha)
2	· 2009/10 - 2010/11, 2012/13 · 4 Saatzeiten · N-Düngung im Herbst (0, 30, 60, 90 kg/ha), N-Düngung im Frühjahr (0, 80, 160, 240, 280 kg/ha)

Pflanzenbauliche und genotypische Potenziale zur Verbesserung der N-Nutzung und Ertragsbildung wurden mit langjährigen Szenarienanalysen (1980 – 2010) an vier Standorten (Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Thüringen) verglichen und quantifiziert (Tabelle 2).

Tabelle 2: Beschreibung der untersuchten Szenarien

Szenario	Anpassung des Modells
1	· frühe bis späte Saattermine
2	· Verlängerung der Abreifephase
3	· frühere Blüte und Verlängerung der Abreifephase
4	· Reduktion der N-Konzentration in den Ernteresiduen
5	· verstärktes Blattwachstum im Frühjahr
6	· verstärktes Schotenwachstum in der generativen Phase

Ergebnisse und Diskussion

Das Modell ist zur Abbildung der Bestandesentwicklung von Winterraps unter optimalen und limitierten Bedingungen gut geeignet. Es kann zur standortspezifischen Simulation der Trockenmassebildung und –partitionierung, der N-Dynamik, sowie der Ertragsbildung genutzt werden.

Die Szenarienanalysen zeigten vergleichbare Reaktionen der Bestandesparameter auf Modellanpassungen hinsichtlich der Saatzeit, der phänologischen Entwicklung

und der physiologischen Prozesse, sodass im Folgenden nur von einem Standort (Bayern) detaillierte Ergebnisse präsentiert und diskutiert werden.

Von den ausgewählten Szenarien zeigten die Verschiebung des Saattermins, die Verlängerung der Abreifephase und die Reduktion der N-Konzentration in den Ernteresiduen die größten Potenziale zur Verbesserung der N-Nutzung.

Der Saattermin hat einen großen Einfluss auf die Vorwinterentwicklung und die N-Aufnahme vor Vegetationsende (Abb. 1). Eine standort-spezifisch optimale Auswahl des Saattermins ermöglicht unter Berücksichtigung der N-Verfügbarkeit eine bestmögliche Ausnutzung des N-Vorrats im Boden und eine Minimierung des Risikos für N-Mangel.

Die Verlängerung der Abreifephase führt auf Grund der verzögerten Entwicklung zu einer späteren Ernte, aber auch zur Verlangsamung von Seneszenzprozessen und zur längeren Aufrechterhaltung der maximalen photosynthetisch aktiven Blatt- und Schotenfläche (LAI 3-4, Hay und Walker 1989, Gammelvind et al. 1996). Dies führt zu einer erhöhten N-Aufnahme nach der Blüte, jedoch muss dabei die maximale potenzielle N-Aufnahmekapaziät der Schoten berücksichtigt werden. Eine spätere Ernte von Winterraps kann zu einem besseren N-Transfer zur Folgefrucht (zumeist Winterweizen) führen, da der Zeitraum zwischen Ernte und Aussaat verkürzt wird, wodurch sich das Mineralisierungspotenzial und das Auswaschungsrisiko verringern.
Eine Reduktion der N-Konzentration in den Ernteresiduen und dadurch eine vollständigere Translokation der N-Mengen in die generativen Organe führt zu einem erhöhten N-Harvest-Index (Abb. 2), wobei auch in diesem Szenario die maximale N-Aufnahmekapazität von Schoten und Samen berücksichtigt werden muss.

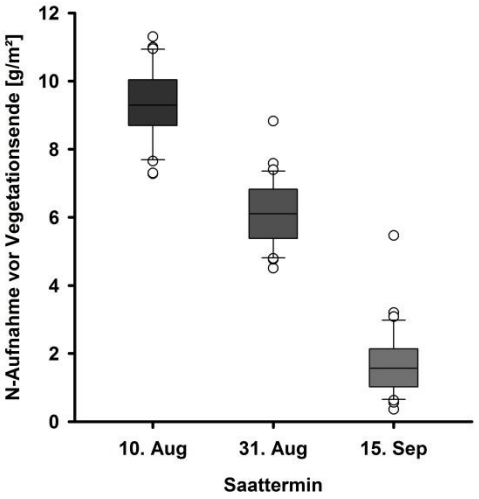


Abb. 1: N-Aufnahme vor Vegetationsende in Abhängigkeit vom Saattermin. Szenario 1, Bayern.

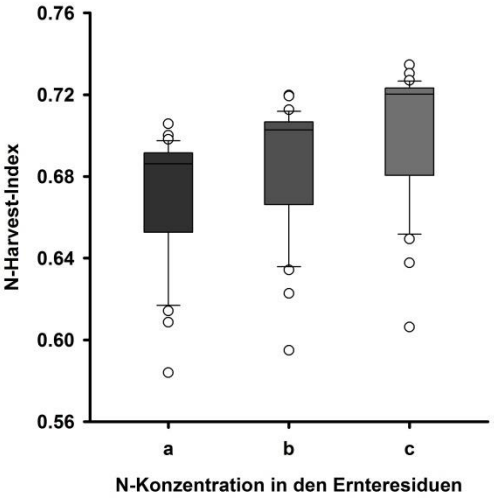


Abb. 2: N-Harvest-Index in Abhängigkeit von der N-Konzentration in Stängel (NcSt) und Wurzel (NcW)
(a: NcSt = 0.6%, NcW = 0.8%; b: NcSt = 0.5%, NcW = 0.7%; c: NcSt = 0.4%, NcW = 0.6%). Szenario 4, Bayern.

Zur Verbesserung der N-Nutzung und Ertragsbildung im Winterrapsanbau müssen in weiteren Analysen die kombinierten Auswirkungen verschiedener Anpassungen im Management, in der phänologischen Entwicklung und in physiologischen Prozessen auf die Bestandesparameter untersucht werden.

Literatur

Europäische Union, 2009. Richtlinie 2009/28/ (23. April 2009)

Eurostat, 2015. Raps, Anbaufläche. http://ec.europa.eu (accessed 20.04.2015).

Gammelvind, L.H., Schjoerring, J.K., Mogensen, V.O., Jensen, C.R., Bock, J.G.H., 1996. Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (Brassica napus L.). Plant and Soil 186, 227–236.

Hay, R.K.M., Walker, A.J., 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Part one. Longman, Harlow.

Hocking, P.J., Randall, P.J., DeMarco, D., 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field Crops Research 54, 201–220.

Malagoli, P., Lainé, P., Rossato, L., Ourry, A., 2005. Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in Field-grown Winter Oilseed Rape (Brassica napus) from Stem Extension to Harvest: I. Global N Flows between Vegetative and Reproductive Tissues in Relation to Leaf Fall and their Residual N. Annals of Botany 95, 853–861.

Schjoerring, J.K., Bock, J.G.H., Gammelvind, L.H., Jensen, C.R., Mogensen, V.O., 1995. Nitrogen incorporation and remobilization in different shoot components of field-grown winter oilseed rape (Brassica napus L.) as affected by rate of nitrogen application and irrigation. Plant and Soil 177, 255–264.

Sieling, K., Kage, H., 2006. N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape – winter wheat – winter barley rotation. Agriculture, Ecosystems & Environment 115, 261–269.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 159–160 (2015)

Einfluss unterschiedlicher Applikationsverfahren von mineralischen Düngemitteln auf die N_2O- und NH_3-Emissionen

Benjamin Pietzner[1], Jan Rücknagel[1], Barbara Koblenz[1], Michael Grunert[2], Anja Schmidt[2] und Olaf Christen[1]

[1]Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/ Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ ÖL, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2]Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Ref. Pflanzenbau in Nossen
Benjamin.Pietzner@landw.uni-halle.de

Einleitung

In der Landwirtschaft werden durch den Einsatz von Düngermitteln, die Tierhaltung und Landnutzungsänderungen Treibhausgase freigesetzt. Lachgas ist ein atmosphärisches Spurengas, dass sowohl zum Treibhausgaseffekt als auch zur Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre beiträgt. Ammoniak besitzt eine indirekte Klimawirkung auf Grund seiner kurzen Lebensdauer in der Atmosphäre. Es wird postuliert, dass ca. 1 - 2 % des NH_3-Stickstoff als Lachgasstickstoff reemittiert wird. Das Ziel dieser Arbeit war es, den Stickstoffverlust durch Lachgasemission (direkter N-Verlust) und Ammoniakemission (indirekten N-Verlust) nach der Düngung unter Feldbedingungen bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) mit unterschiedlichen Applikationsverfahren von mineralischen Düngemitteln zu quantifizieren und zu beurteilen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Bearbeitungsjahr 2013/14 im sächsischen Nossen (51.06° N, 13.27° O, 255 m über NN) durchgeführt. Die jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 674 mm und die mittlere jährliche Temperatur 9,5 °C. Der Bodentyp ist ein Löss-Braunstaugley und besteht überwiegend aus der Bodenart Lehm. Die Winterweizensorte „Opal“ wurde am 08. Oktober 2013 gedrillt. Der Versuch ist in einem komplett randomisierten Lateinischen Rechteck angelegt worden, in dem jede Variante vierfach wiederholt wurde. Die Parzellengröße entsprach dabei 3 x 10 m. Es wurden die Stickstoff-Applikation „Streuen“ und „Injektion“ geprüft. Zwei mineralische N-Formen wurden hierbei untersucht und bewertet: Kalkammonsalpeter (KAS; 27 % N) und Ammoniumsulfat-Harnstoff-Lösung (AHL 20 % N). Zusätzlich zu den gedüngten Varianten wurde eine ungedüngte Kontrollvariante als Vergleich mit angelegt. In drei Gaben wurden insgesamt 145 kg N ausgebracht. Die Ammoniakmessung erfolgte mit der Dräger-Tube-Methode und die Lachgasmessung wurde mit der Closed Chamber Methode durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die kumulierten Ammoniakverluste zeigen nach den ersten zwei Düngegaben in den Varianten Streuen und Injektion, dass es erst nach 24 Stunden zu einem Anstieg kam (Abb. 1). Am vierten Tag nach der Düngung kam es in allen Varianten noch einmal zu einem größeren Anstieg der NH_3-Emission. In Folge der Injektion kam es im Vergleich zum Streuen jeweils zu niedrigeren Emissionen. Allgemein sind aber alle Ammoniakemissionen auf einem sehr geringen Niveau. Die NH_3-Verluste waren bei der ersten Gabe um ein Vielfaches höher als bei der zweiten Gabe. Je höher ein Pflanzenbestand ist, desto weniger können die Witterungseinflüsse wie Wind und

Sonneneinstrahlung auf die Ausbildung von NH_3-Gradienten zwischen Dünger-Bodenoberfläche und Atmosphäre wirken (Döhler und Horlacher 2010).

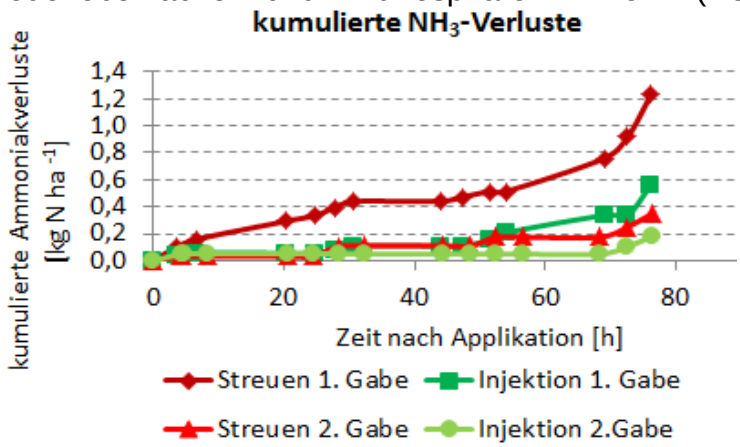


Abb. 1 Kumulierte Ammoniakverluste

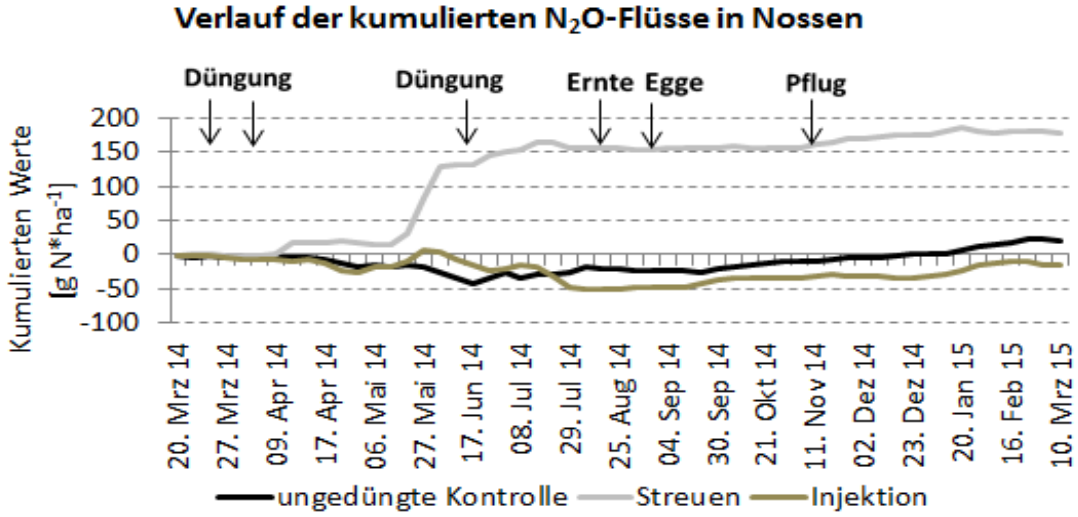


Abb. 2 Verlauf der kumulierten Lachgasflüsse nach der Düngung

Durch die Aufkonzentration der Injektion entstehen „hot spots“, welche zu einer erhöhten De-/Nitrifikation führen können. Nach der zweiten Düngung kam es in der Variante Streuen zu einem kurzzeitigen Anstieg des Lachgasflusses, ein größerer Mitte Juni (Abb. 2). Bedingt wird dies durch den Anstieg der Bodentemperatur und der Bodenfeuchtigkeit. Bis zur Ernte Anfang August kann der Boden mit den Varianten Kontrolle und Injektion als Senke bezeichnet werden, da es hier zu einem negativen Fluss kommt. Nach der Bodenbearbeitung kommt es in allen drei Varianten zu einer Emission von Lachgas, da der Boden aufgelockert wird und Pflanzenreste sowie Luft in den Boden gelangen. Die auftretenden Lachgaspeaks sind durch erhöhte Niederschlagsmengen während der Messkampagne zu erklären, weil sich die Bedingungen für die De-/ Nitrifikation verbesserten. Es ist festzustellen, dass die Injektionsvariante gegenüber der Streu-Variante einen Vorteil in Bezug auf die Emissionsminderung besitzt, da sie bei den Gasen NH_3 also auch bei N_2O weniger emittiert.

Literatur

Döhler, H., Horlacher, D., 2010: Ammoniakemissionen organischer Düngemittel, KTBL-Schrift 483, S. 51-71, KTBL-/ vTI-Tagung 8.-10.12.2010, Emission landwirtschaftlich genutzter Böden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 161–162 (2015)

Der Einfluss der Bodenheterogenität auf Nitratausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen

Denise Bednorz[1], Nadine Tauchnitz[2],Joachim Bischoff[2], Matthias Schrödter[2], Barbara Koblenz[1], Jan Rücknagel[1], Holger Rupp[3], Olaf Christen[1] und Ralph Meissner[3]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg/ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Halle (Saale); [2]Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Bernburg; [3]Helmholtzzentrum für Umweltforschung/ Bodenphysik, Altmärkische Wische. E-Mail: *denise.bednorz@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Die auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführte Bewirtschaftung und die damit einhergehende Applikation von Düngern stellt bis heute eine der Hauptquellen diffuser Stickstoff (N)- und vor allem Nitrat (NO_3-N)-Einträge in die Gewässer dar. Insofern ist es zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie zwingend erforderlich, die N-Effizienz landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen zu verbessern. Primär wird die NO_3-N-dynamik in der ungesättigten Zone jedoch durch den Bodenwasserhaushalt und somit durch bodenphysikalische und bodenhydrologische Parameter gesteuert (Pärn et al., 2012; Filipovic et al., 2014). NO_3-N wird aufgrund seiner negativen Schichtladung kaum an Bodenpartikeln gebunden. Somit liegt es vorrangig in Lösung vor und zeigt dadurch ein erhöhtes Auswaschungspotential. Um den Einfluss von Standortbedingungen und Bodenheterogenitäten auf die N-Kinetik zu überprüfen wurden im Rahmen eines durch die DBU-geförderten Projektes Feldversuche in der nördlichen Altmark (Sachsen-Anhalt) auf zwei benachbarten, dränierten Schlägen angelegt. Separat für beide Bewirtschaftungssysteme erfolgt ein kontinuierliches Monitoring der Bodenlösungen, der flächenspezifischen Dränabflüsse und der Grundwasserstände und -beschaffenheit. Zusätzliche Modellierungen hinsichtlich Wasser- und N-dynamik erlauben die integrative Bewertung der Ergebnisse.

Material und Methoden

Die Anlage der Feldexperimente erfolgte im November 2013 auf zwei direkt aneinander grenzenden, von der „Agrargenossenschaft Altmärkische Höhe“ e.G. bewirtschafteten Schlägen in der nördlichen Altmark in Sachsen Anhalt. Fruchtfolge und –bestand (abfrierende Zwischenfrucht bis März 2014 - Mais von April bis September - Winterweizen von Oktober bis August) sowie die Düngeapplikation (organische Düngung-30m^3/ha im März 2014+70 kg KAS im Mai 2014) beider Praxisschläge wurden ab 2013 angeglichen. Die Auswertung geologischer und bodenkundlicher Karten sowie durchgeführte Analysen ergaben, dass der Untergrund beider Schläge zu differenzieren ist. Feld II wird durch eine Pseudogley-Parabraunerde charakterisiert, während auf Feld I zusätzlich auch Regosole aus Flugsanden sowie Pseudogleye und grundwasserbeeinflusste Gleye auftreten. Mittels Bohrungen (20 Stück a 5 m Tiefe) konnte festgestellt werden, dass Schlag I eine Wechsellagerung von sandigen und tonigen Schichten mit teilweise gespannten Grundwasserverhältnissen zeigt, während Schlag II eine homogene Verteilung von Geschiebedecksand über Geschiebelehm mit Stauwasserbeeinflussung aufweist. Die auf den Schlägen integrierte Messtechnik erlaubt ein flächenspezifisches Monitoring der Dränabflüsse getrennt für beide Bewirtschaftungsflächen (Schlag I 24 ha; Schlag II 26 ha dränierte Fläche), die quantitative und qualitative Erfassung von

Bodenlösung in 35, 60 und 85 cm Tiefe sowie von Grund- und Stauwasser. Durch die zusätzliche Ermittlung meteorologischer Daten war es möglich, aufbauend auf einem hydrologischen Modell auch die N-Dynamik mittels der Software HYDRUS nachzuvollziehen.

Ergebnisse und Diskussion

Bisherige Ergebnisse aus dem Hydrologischen Jahr 2014 zeigen, dass die Bodenheterogenität einen signifikanten Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt und somit auch auf die NO_3-N-Austräge über die Dränagen ausübt. Obwohl die erfassten dränierten Bereiche beider Schläge eine ähnliche Größe besitzen und somit als Resultat vergleichbare Dränabflüsse aufweisen müssten, zeigt Schlag I für das Hydrologische Jahr 2014 einen Dränabfluss von nur 12 mm, während von Schlag II ca. 80 mm Wasser über Dränagen abgeführt werden. Dadurch beträgt die über Dränagen ausgetragene NO_3-N-Fracht mit 2.2 kgN/ha auf Schlag I nur etwa 1/10 der N-Fracht von Schlag II mit 19 kgN/ha (Abb. 1).

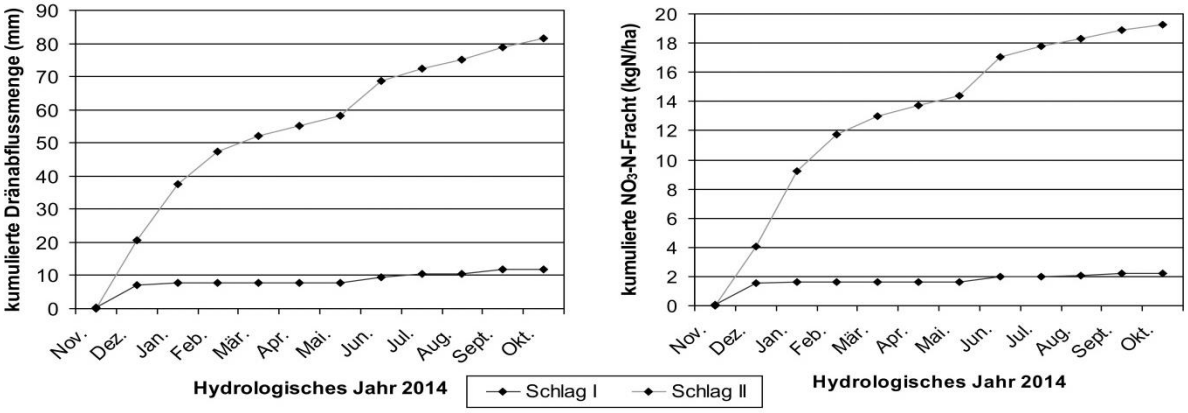


Abbildung 4: Kumulierte Dränabflussmengen und NO_3-N-Frachten für Schlag I und II.

Anschließende 2D-Modellierungen zeigten, dass diese Unterschiede nur aus den verschiedenen Lithologien und damit einhergehenden unterschiedlichen pedo-hydrologischen Bedingungen im Untergrund resultieren. Der Hauptteil des Sickerwassers auf Schlag I trägt somit vorrangig zur Grundwasserneubildung bei, während auf Schlag II das Sickerwasser komplett über die Dränagen abgeführt wird. Die Ergebnisse verdeutlichen somit, dass es unabdingbar ist die räumlichen Heterogenitäten des Bodens bei der Ermittlung eines flächenspezifischen N-Managements als eine der wichtigsten Steuergrößen mit einzubeziehen.

Literatur

Filipovic, V., Coquet, Y., Pot, V., Houot, S. & Benoit, P. (2014): Modeling the effect of soil structure on water flow and isoproturon dynamics in an agricultural field receiving repeated urban waste compost application. Science of the Total Environment, 499: 456-559.

Pärn, J., Pinay, G., Mander, Ü. (2012): Indicators of nutrient transport from agricultural catchments under temperate climate: a review. Ecological Indicators, 22: 4-15.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 163–164 (2015)

Wirkung von Gärprodukten aus Biogasanlagen in Brandenburg auf Bodenzustand und Pflanzenentwicklung

Marieke Hoffmann, Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Berlin.
marieke.hoffmann@hu-berlin.de

Einleitung

Die Energieerzeugung aus Biomasse hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen[1]. Die mit der Biogaserzeugung verbundenen Gärprodukte werden als organische Dünger im Pflanzenbau eingesetzt. Dadurch gelangt stabilisierter organischer Kohlenstoff in den Boden, welcher zur Humusreproduktion beiträgt und somit die Bodenfruchtbarkeit erhalten und verbessern kann. Die chemischen Eigenschaften der Gärprodukte unterscheiden sich von anderen organischen Düngern und variieren in Abhängigkeit von Substrat und Prozessführung[2]. Mit einem statischen Feldversuch wird seit 2011 die Wirkung der Gärrestdüngung auf Bodeneigenschaften und Pflanzenentwicklung im Vergleich zu herkömmlichen Düngern untersucht.

Material und Methoden

Der Feldversuch wird auf einer Braunerde-Fahlerde in Brandenburg durchgeführt (9,5 °C, 515 mm). Es handelt sich um eine einfaktorielle randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen. Prüfglieder sind fünf verschiedene Gärprodukte aus der Region Brandenburg (Tabelle 1) sowie Stallmist (StM), Rindergülle (RG), Mineral-N-Dünger (KAS) und eine ungedüngte Kontrolle (Kon). Bei allen organisch gedüngten Varianten wird die gleiche Menge organischen Kohlenstoffs (C_{org}) ausgebracht, die sich an der C_{org}-Fracht durch eine Düngung von 12,5 t ha^{-1} a^{-1} Stallmist orientiert. Eine mineralische Ausgleichsdüngung gleicht Stickstoffunterschiede zwischen den Düngevarianten aus. In der Fruchtfolge stehen Silomais–Grünroggen/Sorghum–Grünroggen. Die Pflanzenbestände werden für eine Nutzung als Biogassubstrat geerntet.

Vor jeder Düngung im Frühjahr und Herbst wurde der C_{org}-Gehalt des Bodens ermittelt. Außerdem erfolgte im November 2014 eine Bestimmung der Aggregatstabilität (SAS) nach Murer et al. (1993)[3] für ausgewählte Prüfglieder. Die Entwicklung des Winterroggens wurde 2015 an den Parametern Wuchshöhe, Blattflächenindex und Trockenmasseertrag untersucht. Statistische Analysen erfolgten mit dem Tukey-Test (α=0,05).

Tabelle 1 Prozessparameter der eingesetzten Gärprodukte

Gär-produkt	Substrat [%]					Prozess-temperatur	Sepa-ration
	Maissilage	Grassilage	Rindergülle	Schweinegülle	Stallmist		
G1	50			50		mesophil	-
G2	100					thermophil	-
G3	35	15	50			mesophil	-
G4_fe	30	30	30		10	mesophil	fest
G4_fl							flüssig

Ergebnisse und Diskussion

Der C_{org}-Gehalt des Bodens zeigt seit Versuchsbeginn einen sinkenden Trend. Seit Oktober 2013 zeichnet sich eine Differenzierung ab: Die Varianten Kontrolle, KAS sowie G4_fl haben geringere C_{org}-Gehalte als die übrigen organischen Dünger. Signifikante Unterschiede gab es bisher im Frühjahr 2014 zwischen G3 und G4_fl.
Auch beim Parameter SAS zeigen sich Unterschiede zwischen den Prüfgliedern (Abb. 1, links). Die Varianten G2 und G3 zeigten eine signifikant höhere SAS als die Kontrolle. Die herkömmlichen Dünger Stallmist und KAS sowie G4_fe erhöhten ebenfalls die SAS, allerdings nicht signifikant. Es ist bekannt, dass stabilere organische Dünger auf die SAS einen stärkeren erhöhenden Effekt haben als weniger stabile[4]. Die Ergebnisse des Feldversuchs deuten an, dass Gärprodukte die SAS möglicherweise stärker erhöhen als herkömmliche Dünger.

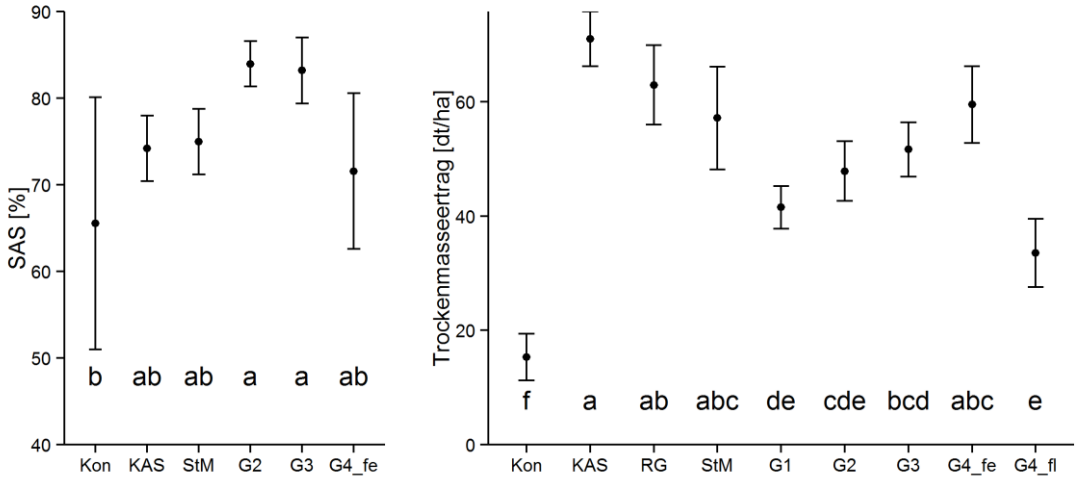


Abbildung 1 Aggregatstabilität (SAS) und Trockenmasseertrag für die verschiedenen Düngevarianten

Bei der Pflanzenentwicklung des Winterroggens 2015 zeigten sich deutliche Unterschiede (Abb. 1, rechts). Der höchste Ertrag wurde mit der Düngung von KAS erzielt, gefolgt von RG, G4_fe und StM. Die anderen Gärprodukte erreichen 58 - 62% von KAS, der geringste Wert wird durch G4_fl erreicht (47%). Bei Wuchshöhe und Blattflächenindex zeigte sich ein vergleichbares Bild.
Die Pflanzenentwicklung bei den organischen Düngern steht in direktem Zusammenhang zur Ausgleichsdüngung: Die Variante G4_fe erhält etwa 70% des Stickstoffs in Form von KAS und hat daher höhere Erträge als die Variante G4_fl, welche aufgrund des hohen Stickstoffgehalts keine Ausgleichsdüngung erhält. Diese Zusammenhänge belegen, dass Stickstoff aus Gärprodukten deutlich schlechter pflanzenverfügbar ist als aus KAS.

Literatur

1.Fachverband Biogas e.V. Branchenzahlenprognose für die Jahre 2014 und 2015. (2014).
2.Wragge, V., Sensel-Gunke, K. & Nielsen, K. Stoffliche Beschaffenheit von Gärprodukten aus Biogasanlagen. in *Fachtagung Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen* (2013).
3. Murer, E. J. *et al.* An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS). *Geoderma* 56, 539–547 (1993).
4. Abiven, S., Menasseri, S. & Chenu, C. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1–12 (2009).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 165–166 (2015)

Effekte der Dünger-N-Formen auf die Ertragskomponenten und Stickstoffeffizienz

Felix Amberg, Barbara Koblenz, Olaf Christen

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften /Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Halle/Saale; E-Mail: *felix.amberg@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Als eine Form der Stickstoffdüngung hat Harnstoff mit 57,4% weltweit die größte Bedeutung unter den mineralischen Stickstoffdüngern(IFA, 2005). In der Anwendung gilt es hierbei, die Wirkung und Aufnahme durch die Kulturpflanze zu verbessern und somit die Stickstoffeffizienz zu steigern. Daraus ergab sich die Untersuchungsfrage, ob eine Verlängerung der Amid-N- und Ammonium-N-Phase durch Urease- bzw. Nitrifikationsinhibitoren einen Einfluss auf die Stickstoffaufnahme von Winterweizen hat.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde am Standort Merbitz (154m NN, Jahresdurchschnitt: Temperatur 9,5°C; Niederschlag: 470mm; Bodentyp: Tschernosem; Bodenart: sandiger Lehm, Lehm) der MLU im Herbst 2013 als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Prüfglieder waren eine nitratbetonte Stickstoffdüngung in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) sowie eine ammoniumbetonte Stickstoffdüngung in Form von Harnstoff. Besonderes Merkmal des Harnstoffdüngers ist die doppelte Inhibierung, welche durch den Zusatz von Urease- und Nitrifikationsinhibitor erzielt wird. Als Referenzvariante wurde zusätzliche eine ungedüngte Kontrolle angelegt. Die untersuchte Kulturart Winterweizen der Sorte Julius wurde in der rotierenden Fruchtfolge nach Sommergerste angebaut. Beide gedüngten Varianten wurden mit jeweils 180kg N/ha unabhängig vom vorhandenen N_{min} aufgedüngt. Die Kalkammonsalptervariante wurde zum Vegetationsbeginn, EC31 und eine Qualitätsgabe mit jeweils 60kg N/ha und die stabilisierte Harnstoffvariante zum Vegetationsbeginn und EC 37 mit 100kg N/ha und 80kg N/ha gedüngt. Für die Bonitur der Ertragskomponenten wurden 4 Zählstrecken a 1m in jeder Parzelle versetzt abgesteckt. Die Mittelwerte wurde durch die Datenanalyse in Excel (ANOVA: einfaktorielle Varianzanalyse) miteinander verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

In den Varainten zeigte sich, dass die Harnstoffvariante in allen Merkmalen der Ertragskomponenten, bis auf der Tausendkornmasse(TKM), den beiden anderen Varianten KAS und Kontrolle überlegen war. Auffällig war der signifikante Unterschied bei den ährentragenden Halmen je m^2 zwischen allen Varianten bei einer Spannweite von 496(Kontrolle), 600(KAS) bis 699(Harnstoff) Halmen, vor allem zwischen den in gleicher Menge (180kg N/ha) gedüngten Varianten. Keine statistisch messbaren Unterschiede gab es bei den Ertragskomponenten Aufgang Pflanzen je m^2, Kornzahl je Ähre und TKM [g]. Die größte TKM, aber nicht signifikant unterscheidbar, hatte die KAS-gedüngte Variante mit 46,56 g. Die im Laufe der Vegetationszeit aufgetretenen Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten in

den einzelnen Ertragskomponenten spiegelten sich nicht in der Ertragsmessung wieder.

	Kontrolle	KAS	Harnstoff+NI/UI
Aufgang Pflanzen je m²	232 a	227 a	250 a
Triebe je m²	944 b	1041 ab	1090 a
ährentragende Halme je m²	496 c	600 b	699 a
Kornzahl je Ähre	41,43 a	41,32 a	43,01 a
Tausendkornmasse [g]	44,77 a	46,56 a	44,83 a
Kornertrag [dt/ha]	98 b	136,2 a	135,6 a
Rohproteingehalt [%]	10,1 b	14,0 a	13,2 a
scheinbare Dünge-N-Effizienz [%]	-	79,8 a	75,1 a

Abb.1: Ertragskomponenten sowie Kornerträge und Rohproteingehalt in den Düngungsvarianten im Versuchsjahr 2014 am Standort Merbitz (*unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Untersuchungsparameters*; Mittelwert, n=4)

Die scheinbare Dünger-N-Effizienz (SIELING & HANUS 1997, DOBERMANN 2005) zeigt für die KAS gedüngte Variante eine leicht höhere Effizienz von 79,8% im Vergleich zu 75,1% der stabilisierten Harnstoffvariante auf. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Diese höhere Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs wurde scheinbar vor allem durch die höhere Einlagerung von Rohprotein im Korn erreicht.

Literatur

DOBERMANN, A., 2005: Nitrogen Use Efficiency – State of the Art. IFA International Workshop on Enhanced–Efficiency Fertilizers

HINZ, M., Bachelorarbeit 2013: Standortcharakterisierung der Versuchsflächen des AEVZ in Wettin-Löbejün/OT Merbitz unter besonderer Berücksichtigung physikalischer Bodenparameter

IFA, 2005: International Fertilizer Industry Association.

SIELING, K. & H. HANUS, 1997: N-Aufnahme und N-Verwertungseffizienz zweier Weizensorten bei variierter mineralischer N-Düngung. Pflanzenbauwiss. 1 (2), 57-6

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 167–168 (2015)

Stickstoffdüngereinsparung bei Winterweizen durch verbesserte Vorhersage der Backqualität mittels Nahinfrarotspektroskopie

Doreen Gabriel[1], Gerhard Rühl[1], Christian Pfitzner[1], Alexandra Hüsken[2], Norbert Haase[2], Heinrich Prüfer[3] und Jörg-Michael Greef[1]

[1]Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius-Kühn-Institut, Braunschweig; [2]Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Max Rubner-Institut, Detmold; [3]SensoLogic GmbH Software + Sensor Systeme, Norderstedt. E-Mail: *Doreen.Gabriel@jki.bund.de*

Einleitung

Ein wichtiges Kriterium für die Backqualität von Weizen ist derzeit ein hoher Proteingehalt, der als Grundlage der Bezahlung des Landwirts dient. Angestrebt wird der hohe Proteingehalt oftmals mit Hilfe einer Stickstoffspätdüngung, allerdings mit fragwürdigem Erfolg und möglichen negativen ökologischen Konsequenzen. Eine enge Korrelation zwischen Proteingehalt und Backqualität ist außerdem nicht mehr bei allen Weizensorten stark ausgeprägt. Daher wurde in dem Verbundprojekt „BackProg“ untersucht, ob die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) geeignet ist, die Backqualität im Sinne eines in der Praxis nutzbaren Schnelltests hinreichend genau abzuschätzen. Dabei galt es zu ermitteln, auf welcher Verarbeitungsstufe sich die Backqualität mit welcher Genauigkeit mittels verschiedener NIR-Geräten abschätzen lässt.

Material und Methoden

Als Grundlage der Untersuchungen dienten Proben aus einem zweijährigen, zweiortigen Feldanbau mit variierter Stickstoff- und Schwefeldüngung und selektierten Weizensorten der E-, A- und B-Qualität. Um den stetigen züchterischen Fortschritt berücksichtigen zu können, wurden weitere Proben der am Projekt beteiligten Pflanzenzuchtunternehmen hinzugezogen. Die Backqualität der Proben wurde durch den Standardbacktest (Rapid-Mix-Test) bestimmt. NIR-Spektren wurden an den Verarbeitungsstufen ungereinigtes Ganzkorn, gereinigtes Ganzkorn, Schrot, Typenmehl sowie Teigling vor und Teigling nach der Teigruhe mit verschiedenen bei den Projektpartnern verfügbaren NIR-Spektrometern aufgenommen.

Die Kalibration der Backqualität erfolgte durch Partial Least Squares Regression und Canonical Partial Least Squares Regression (Indahl *et al.* 2009) mit bis zu 15 Faktoren. Es wurden ein Kalibrier- und ein Validierdatensatz erstellt, indem zufällig 75 % der 591 Proben zum Kalibrieren und 25 % zum Validieren ausgewählt wurden. Die Beurteilung der Kalibrierergebnisse erfolgte mit den üblichen Fehlermaßen der Kalibrationsstatistik (Williams 2014) wie dem RPD-Wert, welcher das Verhältnis zwischen der Standardabweichung des Validationssets (SDval) und dem Fehler der Vorhersage bildet und als dimensionslose Größe zur Bewertung von Kalibrationen dient.

Ergebnisse und Diskussion

Backvolumen und Proteingehalt waren positiv korreliert mit einem R^2 von 58 %. Die Beziehung zwischen Backvolumen und Proteingehalt zeigte für verschiedene Qualitätsklassen (E-, A- und B-Qualität) und Sorten, dass das Backvolumen nicht stetig linear mit dem Proteingehalt anstieg, sondern bei höheren Proteingehalten abflacht. Sechs der 14 analysierten Sorten zeigten einen linearen Anstieg des

Backvolumens mit dem Proteingehalt auf. Für sieben Sorten deutete sich eine kurvilineare Beziehung an, bei der hohe Proteinwerte nicht immer zu deutlich gesteigerten Backvolumina führten.

Die Kalibrationen für das Backvolumen erzielten eine Genauigkeit, die für ein grobes Screening ausreicht. Die besten Kalibrationen wurden auf der Verarbeitungsstufe des Typenmehls mit einem RPD-Wert von 2,02 und am ungereinigten und gereingten Ganzkorn mit einem RPD-Wert von 1,90 erreicht. Dies entspricht R^2-Werten von 75,5 % bzw. 72,4 %. Entgegen den Erwartungen war die Güte der Kalibrationen am Teigling am geringsten. Insgesamt fiel der Unterschied zwischen den verschiedenen NIR-Spektrometern gering aus.

Diese Ergebnisse zeigen, dass im aktuellen Spektrum der derzeitig zugelassenen Winterweizensorten solche enthalten sind, bei denen ein erhöhter N-Einsatz nur eine geringe Steigerung der Backqualität erzielt und damit eine überhöhte Spätdüngung zur Anhebung des Proteingehaltes nicht erforderlich ist. Die bisher erzielten Vorhersagegenauigkeiten der NIR-Kalibrationen sind noch nicht für einen Probelauf in der landwirtschaftlichen Praxis geeignet. Sie können aber bereits jetzt das Backvolumen besser abschätzen als jede derzeitig in der Praxis genutzte, auf dem Indikator Proteingehalt basierende Kalibration, da der Proteingehalt nur 58 % der Variabilität des Backvolumens der untersuchten Proben erklärt.

Literatur

Indahl, UG, Liland, KH, Naes, T (2009) Canonical partial least squares-a unified PLS approach to classification and regression problems. *Journal of Chemometrics* 23, 495-504.

Williams, P (2014) Tutorial: The RPD statistic: a tutorial note. *NIR news* 25, 22-26.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 169–170 (2015)

Ökologische und ökonomische Bewertung von Stickstoffgaben im Herbst zu Winterraps

Jana Peters, Ralf-Rainer Schulz

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, Gülzow-Prüzen.
E-Mail: *j.peters@lfa.mvnet.de*

Einleitung

Vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsverordnung und der bekanntermaßen hohen N-Bilanzüberhänge beim Winterraps wird die Notwendigkeit einer Stickstoffdüngung im Herbst immer stärker in Frage gestellt. Obwohl die im Boden vorhandenen N-Mengen normalerweise ausreichen, um den Pflanzenbedarf abzudecken, gibt es Situationen, die im Herbst eine Förderung des Pflanzenwachstums durch eine N-Startdüngung sinnvoll erscheinen lassen. Das ist beispielsweise bei einer N-Fixierung durch hohe Strohmengen aus der Vorfrucht, Auflaufverzögerungen, Schaderregerbefall, bei Wuchshemmungen nach suboptimalem Herbizideinsatz oder bei geringer N-Nachlieferung (Nässe, Kälte) der Fall. Die Düngung unterstützt dann die Biomassebildung und erhöht den N-Gehalt in der Pflanze. Mit dem Inkrafttreten der neuen Düngeverordnung werden diese Maßnahmen allerdings auf die benötigten Stickstoffmengen angerechnet und durch standorttypisch vorgegebene Bedarfswerte rationiert. Zukünftig muss der Fokus der N-Düngung daher auf einer möglichst effizienten Nutzung der verfügbaren Stickstoffmengen liegen.

Material und Methoden

Um die Wirkung gesteigerter N-Mengen im Herbst auf den Ertrag und die Pflanzenentwicklung genauer zu prüfen, wurde in einer Versuchsserie die im Herbst applizierte Stickstoffmenge bei der Frühjahrsdüngung entweder nicht berücksichtigt oder voll abgezogen. Weitere Varianten bestanden in der Anwendung des Biomassemodells, bei dem die N-Aufnahme des Bestandes im Herbst bei der Bemessung der ortsüblichen Stickstoffmengen im Frühjahr angerechnet wurde (Tab. 1).

Tab. 1: Stufenbeschreibung der Versuche zur N-Herbst-Düngung

Prüfglied	N-Düngung (kg N/ha) u. N-Form		
	Herbst	Frühjahr 1	Frühjahr 2
1	0	100 ASS	100 KAS
2	0	100 ASS	n. Biomassemodell
3	40 HAST	100 ASS	100 KAS
4	40 HAST	100 ASS	n. Biomassemodell
5	40 HAST	100 ASS	60 KAS
6	40 Alzon 46	100 ASS	60 KAS
7	80 HAST	100 ASS	100 KAS
8	80 HAST	100 ASS	n. Biomassemodell
9	80 HAST	100 ASS	20 KAS
10	80 Alzon 46	100 ASS	20 KAS

Ein anderer Untersuchungsschwerpunkt beschäftigte sich mit der Terminierung der N-Herbstapplikationen (zur Saat bis 9 Wochen nach der Aussaat). Dieser Ansatz wurde in unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten (Normal- und Spätsaat) geprüft, um unter anderem der Frage nach einer bestmöglichen Förderung schwacher Rapsbestände durch eine Herbstdüngung nachzugehen.

Ergebnisse und Diskussion

Die zusätzliche Stickstoffapplikation im Herbst zeigte im Mittel der Versuche keine Ertragssteigerungen (Tab. 2). Ertragsminderungen traten ein, wenn ein Teil des Stickstoffs bereits im Herbst zu Lasten der 2. Frühjahrsgabe appliziert wurde. Demnach weisen N-Gaben im Herbst eine geringere Effizienz auf als Frühjahrsgaben.

Die Stickstoffdüngung ohne Berücksichtigung der Gaben im Herbst führte besonders in den Varianten mit 80 kg N/ha im Herbst zu sehr überzogenen N-Aufwendungen ohne signifikanten Ertragseffekt. Folgen waren eine Erhöhung der N-Überhänge und eine negative Beeinflussung der N-kostenfreien Marktleistung. Letztere lag in der Variante 1 (Kontrolle) am höchsten und bestätigt somit, dass unnötige N-Gaben im Herbst nur zusätzliche Kosten verursachen und die N-Bilanz belasten. Auch die Anwendung von Alzon 46 (stabilisierten Stickstoffdünger) statt Harnstoff führte zu keiner signifikanten Verbesserung der N-Salden und damit der N-Effizienz.

Die nach dem Biomassemodell gedüngten Varianten erbrachten gleiche Erträge wie in den Standardapplikationen. Folglich schätzt das Modell den N-Bedarfswert des Rapses anhand der Bestandesentwicklung angemessen ein. Die Anrechnung der im Herbst verabreichten N-Menge bei den Frühjahrsgaben trägt zur Vermeidung unerwünschter N-Überhänge bei und rechtfertigt die Modellanwendung zusätzlich.

Tab. 2: N-Herbst-Düngung, Versuchsergebnisse aus Gülzow (MW 2009-2012)

Prüfglied	∑ Stickstoff-düngung	Ertrag	Rohfett	Marktl.*	N-Saldo**
	kg N/ha	%			kg N/ha
1	200	103	41,4	104	30
2	209	100	41,5	100	44
3	240	102	41,2	101	71
4	234	101	41,6	100	67
5	200	99	42,0	101	36
6	200	98	41,8	99	37
7	280	102	41,5	98	112
8	262	100	41,6	97	98
9	200	97	42,2	100	40
10	200	98	42,1	99	38
100 % =		58,0 dt/ha		1324 €	
GD 5 % relativ		3,5			

*N-kostenfreie Marktleistung, für Raps 30 €/dt, Dünger in €/kg N: Harnstoff 0,76; ASS 0,82; KAS 0,96; Alzon 1,00; **Parzellenerträge um 15 % reduziert,

In den Versuchen zur Terminierung der N-Herbstapplikationen brachte die Düngung lediglich zum verspäteten Saattermin signifikante Ertragsvorteile. Die Ergebnisse zeigten auch, dass eine Stickstoffdüngung im Herbst bis spätestens 6 Wochen nach der Saat abgeschlossen sein sollte. Danach verringerten sich die N-Aufnahme des Bestandes und die wachstumsfördernde Wirkung des Stickstoffs (Schulz, 2012).

Literatur

Schulz, R.-R. (2012): Ökologische und ökonomische Bewertung von Stickstoffgaben im Herbst zu Raps, Abschlussbericht, LFA

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 171–172 (2015)

Einsatz der unbemannt fliegenden Multi-Sensor-Plattform „Hexe“ zur Berechnung teilflächenspezifisch angepasster N-Düngermengen in Winterweizen

Johanna Link, Jakob Geipel und Wilhelm Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften/Universität Hohenheim, Stuttgart.
E-Mail: *johanna.link@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Immer häufiger kommen unbemannt fliegenden Sensorplattformen in Form von „Unmanned Aerial Systems“ (UAS) zur Visualisierung kleinräumiger Variabilität innerhalb eines Schlages zum Einsatz. In Abhängigkeit der Sensorausstattung solcher UAS können z.T. hochaufgelöste, georeferenzierte Informationen über den Pflanzenzustand gewonnen werden (Zecha et al., 2013).

Dem vorliegenden Versuch lag die Hypothese zu Grunde, dass ein solches UAS zur Berechnung teilflächenspezifisch angepasster N-Düngermengen in Winterweizen herangezogen werden kann.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Ihinger Hof (460 - 520 m NN, Ø 704 mm Niederschlag, Ø 8,6°C), wurde in der Vegetationsperiode 2013/14 ein on-farm Versuch zur Bewertung unterschiedlicher Düngestrategien in Winterweizen durchgeführt.

Auf dem Schlag „Riech“ wurde Winterweizen der Sorte Pamier (Aussaat: 27.11.13, 410 keimf. Kö. m^{-2}) ausgesät. Die Bewirtschaftung des Schlages erfolgte praxisüblich, als Versuchsfaktor wurde die N-Düngung variiert. Neben einer praxisüblichen N-Düngung (Kontrolle) wurde eine sensorbasierte N-Düngung (Sensor) untersucht. Ziel der sensorbasierten N-Düngung war die teilflächenspezifische Applikation der Düngermenge.

Demzufolge wurde einige Tage vor der geplanten Düngeapplikation die Multi-Sensor-Plattform „Hexe“ (Geipel et al., 2013) als UAS zur Datenerhebung im Schlag eingesetzt. Die „Hexe“ ist u.a. mit einem Punktspektrometer (MMS1, Tec5) ausgerüstet, das die spektrale Information im sichtbaren und nahinfraroten Wellenlängenbereich (400 – 900 mm) erfasst. Darüber hinaus wurden Position, Höhe und Lage des UASs aufgezeichnet. Zeitgleich mit den Befliegungen wurde an der Bodenstation mit einem zweiten Spektrometer (HandySpec, Tec5) die spektrale Signatur des einfallenden Sonnenlichtes ermittelt. Die Messwerte beider Spektrometer wurden im post-processing über Zeitstempel interpoliert, so dass georeferenzierte Reflexionsspektren als Datengrundlage vorlagen.

Um auf die teilflächenspezifische N-Versorgung des Weizenbestandes zu schließen wurde für jede Teilfläche des Schlags der Vegetationsindex REIP (Guyot et al., 1988) berechnet. Messwerte im Datensatz, die um mehr als 3 Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt lagen, wurden gelöscht und der REIP anschließend normalisiert.

Für jeden Düngetermin wurden Unter- und Obergrenzen der auszubringenden N-Menge (min *Nappl* bzw. max *Nappl*) festgelegt, so dass unter Berücksichtigung des mittleren normalisierten REIP-Wertes (*REIPn*) pro Teilfläche anhand folgender Funktion die auszubringende Stickstoffmenge (*Nappl*) abgeleitet werden konnte:

$$Nappl = \frac{(\max Nappl - \min Nappl)}{(\min REIPn - \max REIPn)} \times REIPn + \max Nappl - \left(\frac{(\max Nappl - \min Nappl)}{(\min REIPn - \max REIPn)} \times \min REIPn\right)$$

Zur Bewertung der beiden Düngevarianten wurden der Kornertrag [kg TM ha^{-1}], der Proteingehalt im Korn [% TM] sowie die N-Nutzungseffizienz [kg Kornertrag ha^{-1}/kg N ha^{-1}] herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtmenge an Stickstoffdünger unterschied sich in beiden Varianten kaum und summierte sich auf 175 kg N/ha in der Kontrolle bzw. auf 163 kg N/ha in der sensorbasierten Variante. Hinsichtlich des Kornertrags und der N- Nutzungseffizienz konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngevarianten ermittelt werden (Tab. 1). Dahingegen wurde in der Kontrollvariante mit 14,2 % ein signifikant höherer Proteingehalt erzielt (Tab. 1), als in der sensorbasierten Variante, was für den Anbau von Aufmischweizen ein wichtiges Kriterium darstellt.

Tabelle 3: Ausgebrachte N-Düngermengen, sowie Kornertrag, Proteingehalt und N-Nutzungseffizienz der praxisüblichen (Kontrolle) und der sensorbasierten (Sensor) Düngevarianten (Mittelwert, Minimum und Maximum in Klammern. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant nach Tukey (P< 0,05)).

Variante	N - Düngung [kg N ha^{-1}]			Kornertrag [kg ha^{-1}]	Proteingehalt [%]	N Nutzungseffizienz
	BBCH 25	BBCH 32	BBCH 65			
Kontrolle	60	60	55	6678 a (4894-8439)	14,16 a (13,2-15,6)	38,95 a (28,85-46,77)
Sensor	60	51 (43-59)	52 (42-66)	6968 a (5257-8518)	13,31 b (12,0-15,3)	41,15 a (31,60-52,05)

Aus den ersten Versuchsergebnissen kann demnach geschlussfolgert werden, dass die Daten der Multi-Sensor-Plattform „Hexe“ zur Berechnung teilflächenspezifisch angepasster N-Düngermengen in Winterweizen herangezogen werden können. Die Funktion zur Ableitung der auszubringenden Stickstoffmengen muss gegebenenfalls um weitere Faktoren ergänzt werden, um Proteingehalte zu erzeugen, die auf dem Niveau der konventionellen Düngemethode liegen.

Literatur

Geipel, J., Peteinatos, G., Link-Dolezal, J., Claupein, W. 2013. Hexe: eine unbemannt fliegende Multi-Sensor-Plattform zur Erfassung hyperspektraler Daten. Nachhaltige Erzeugung von Nachwachsenden Rohstoffen: Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., 4. bis 6. September 2013, Weihenstephan, 56, S. 295-296.

Guyot, G., Baret, F. und Major, D. J. 1988. High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and infrared. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 11, S. 750-760.

Zecha, C. W., Link, J., und Claupein, W. 2013. Mobile sensor platforms: categorisation and research applications in precision farming, J. Sens. Sens. Syst., 2, S. 51-72, doi:10.5194/jsss-2-51-2013.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 173–174 (2015)

Wirkung mineralischer N-Düngung auf Blatterträge und Scopolamin-Gehalte von *Duboisia sp.*

Sabine Oster[1], Julia Sparke[1] und Bernd Honermeier[2]

[1]Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG, Phyto Center, Ingelheim am Rhein; [2]Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
sabine.oster@boehringer-ingelheim.com

Einleitung

Die in Australien beheimatete Pflanzengattung *Duboisia* aus der Familie der *Solanaceae* wird als Rohstofflieferant für Scopolamin verwendet. Dieses Tropanalkaloid wird aus dem getrockneten Blattmaterial von *Duboisia* Arthybriden gewonnen und dient als Wirkstoff zur Therapie der Reisekrankheit sowie als Ausgangsstoff für partialsynthetische Anticholinergika.
Für die effiziente Produktion sind hohe Erträge an Biomasse (Blättern) bei möglichst hohem Wirkstoffgehalt wünschenswert. Eine der abiotischen Einflussgrößen ist die Stickstoffernährung. Um die Erträge von Scopolamin durch erhöhte Biomasse und einen hohen Scopolamingehalt zu maximieren wurde untersucht, wie der Scopolamingehalt und der Blattertrag von *Duboisia* durch die N-Form und die N-Dosis beeinflusst werden.

Material und Methoden

Feldversuch:

Als Pflanzenmaterial dienten vegetativ vermehrte Stecklinge von drei *Duboisia* Arthybriden, die von November bis Mai 2014 im Gewächshaus heranwuchsen. Die Pflanzen wurden in der Versuchsstation Groß-Gerau (Justus-Liebig-Universität Gießen) von Juni bis Oktober 2014 kultiviert. Dieser Standort zeichnet sich durch einen humusarmen Sandboden mit geringer Wasserkapazität aus (Bodenzahl 25). Der Versuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage (sechs Wiederholungen) mit drei Prüffaktoren (Genotyp, N-Form, N-Dosis) angelegt. Die N-Düngung mit den verschiedenen N-Formen Kalkammonsalpeter (27% N) und Alzon 46 (46% N) erfolgte unmittelbar zur Pflanzung in vier unterschiedlich hohen N-Düngungsgaben (0 kg N/ha, 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, 300 kg N/ha). Jeweils drei Pflanzen (eine pro Genotyp) wurden in einer Parzelle (3 x 2 m) gepflanzt mit einem Abstand von 1 m in der Reihe. Als Parzellenrandpflanzen wurden längs und quer jeweils zwei Reihen Mais verwendet. Die Pflanzen wurden im Oktober 2013 nach fünfmonatiger Wachstumszeit geerntet. Es wurden das Frischgewicht der einzelnen Gesamtpflanzen und das Frisch- und Trockengewicht der Blätter ermittelt. Die Trocknung der Blätter erfolgte bei 60°C für 24 h. Als weitere Prüfmerkmale wurden Pflanzenlänge, Anzahl der Seitentriebe pro Pflanze, Vergilbungsgrad, Chlorophyllgehalt der Blätter (SPAD) und Gehalt an Scopolamin in der Blatttrockensubstanz erfasst. Für die wichtigsten Parameter wurden die Daten mittels t-Test und ANOVA statistisch verrechnet.

Analyse des Scopolamingehaltes:

Der Scopolamingehalt wurde mittels einer isokratischen HPLC-Methode bestimmt. Es wurden 100 mg getrocknetes und gemahlenes *Duboisia*-Blattmaterial in 10 ml 0,5 %iger H_3PO_4 für 18 h auf einem Schüttler (90 rpm) extrahiert. Die Auftrennung der Alkaloide wurde mit Agilent 1200 System durchgeführt. Die verwendete Säule war Supersphere 60 RP-8 Phase (125 mm x 4 mm, 4 µm, Grace, Deerfield, USA). Die mobile Phase setzte sich aus 375 ml Acetonitril, gelöst in 1000 ml Wasser mit Heptan-1-Sulfonsäure und Natriumsalz (3 g/L) zusammen (pH 3,2). Die Flussrate war 1,5 ml/min, die UV-Detektion fand bei 190 nm statt. Je nach Genotyp betrug das Injektionsvolumen zwischen 2-6 µl. Für die Quantifizierung von Scopolamin wurde die Externe-Standard-Methode eingesetzt. Die lineare Kalibrierung lag zwischen 0,2 – 2,0 % Scopolamin in der Trockensubstanz.

Ergebnisse und Diskussion

Anhand der Ergebnisse lässt sich zeigen, dass die zwei verschiedenen N-Formen keinen signifikanten Einfluss auf die einzelnen Parameter ausübten. Weder das Blatt-Trockengewicht noch der Gehalt an Scopolamin wurden durch die unterschiedlichen N-Formen beeinflusst. Diese Reaktion zeigten alle drei Genotypen.
Die Steigerung der N-Menge bewirkte bei Hybride 1 einen signifikanten Anstieg der Pflanzenhöhe, der Anzahl der Seitentriebe/Pflanze und des Chlorophyllgehaltes der Blätter im Vergleich zur Kontrolle. Die Erhöhung der N-Düngung von 200 kg N/ha auf 300 kg N/ha hatte keinen signifikanten Einfluss auf die jeweiligen Pflanzenparameter. Die höchsten Blatttrockengewichte wurden somit bei 200 bzw. 300 kg N/ha erzielt. Zwischen der Kontrolle und der Variante mit 100 kg N/ha war kein Unterschied zu erkennen.
Die HPLC-Messungen lieferten Ergebnisse, die eine signifikante Abnahme des relativen Scopolamingehaltes pro Pflanze mit steigender N-Menge zeigten. Auch hier unterschieden sich die beiden höchsten N-Gaben nicht signifikant voneinander, jedoch von der Kontrollvariante und den 100 kg N/ha. Die Abnahme kann auf einem Verdünnungseffekt aufgrund der erhöhten Biomasse basieren und/oder auf gewebespezifischen Veränderungen im Blatt, die bei einer erhöhten N-Versorgung auftreten. Dieser mögliche Zusammenhang muss weiter untersucht werden.
Der Chlorophyllgehalt korrelierte positiv mit der N-Düngung. Zugleich nahm auch der N-Gehalt der Blätter mit erhöhter N-Gabe zu. Es ist somit davon auszugehen, dass der verfügbare Stickstoff unter den gegebenen Bedingungen vorzugsweise in den primären Stoffwechsel von *Duboisia* einfließt. Die Scopolaminreduzierung in den Blättern wurde durch die Steigerung des Trockengewichts der Blätter kompensiert und der absolute Gehalt an Scopolamin pro Pflanze war signifikant erhöht bei einer N-Gabe von 200 kg N/ha bzw. 300 kg N/ha.
Bei Hybride 2 konnte kein Einfluss der N-Dosis auf die einzelnen Parameter festgestellt werden. Hybride 3 zeigte ebenfalls eine Erhöhung des Blatt-Trockengewichts, aber keinen Einfluss auf den relativen Scopolamingehalt pro Pflanze.
Einen eventuellen frühzeitigeren Einfluss des Stickstoffs auf *Duboisia* muss in weiteren Versuchen durch Blattmusternahme im Verlauf der Vegetation untersucht werden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 175–176 (2015)

Comparative performance of a novel silicate coated slow-release urea fertilizer with urease inhibitor

Dmitry Redozubov[1], Insa Kühling[2], Christian Jeismann[3], Igor Komissarov[1] and Dieter Trautz[2]

[1]State Agrarian University of the Northern Transurals, Tyumen (Russian Federation); [2]University of Applied Sciences Osnabrück, Osnabrück; [3]South Westphalia University of Applied Sciences, Soest.
E-Mail: *i.kuehling@hs-osnabrueck.de*

Introduction

Nitrogen (N) fertilizers play an important role to increase wheat productivity and grain protein content. In Western Siberia predominantly ammonium-nitrate ('Selitra') and urea are used for N-fertilization. Due to the dry sub-humid climate, only one N-application is common, simultaneously during sowing. The new type of slow-release silicate coated urea fertilizer with urease inhibitor (CU) was developed at the State Agrarian University of the Northern Transurals. The potential to improve nitrogen use efficiency and minimize N-losses via ammonia volatilization or nitrate leaching of CU is tested in a field trial under practical conditions.

Materials and methods

We installed a 3.4 ha field trial with spring wheat in Ishim (Tyumen province, Russia, Fig. 1) in RCBD with 4 replications to compare 4 levels of CU (100/75/50/25%) against 100% of conventional uncoated urea (UU), 100% of Selitra (S) and a unfertilized control. 100% equals 70 kg/ha N, the fertilizer was applied directly into the seed furrow.

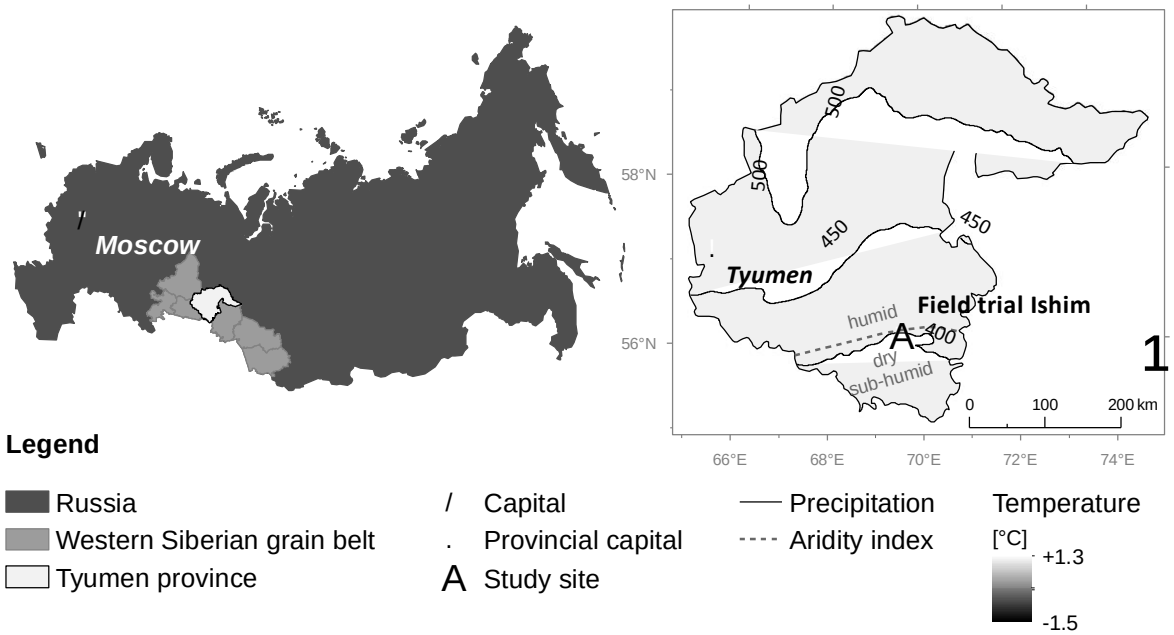


Fig. 1: Location and mean annual agro-climatic conditions of the study area. Souces: CGIAR-CSI (2009), GADM (2012), WorldClim (2013).

Nmin analysis for 0-30 cm was done reflectometric (Merck) and for determination of leaf chlorophyll content a SPAD-502 (Minolta) was used. Comparisons among means were carried out in R using the package agricolae (LSD-Test, $p<0.05$).

Results and discussion

First results of soil analysis showed significant differences in nitrate content but no significant differences in ammonium content (Fig. 2).

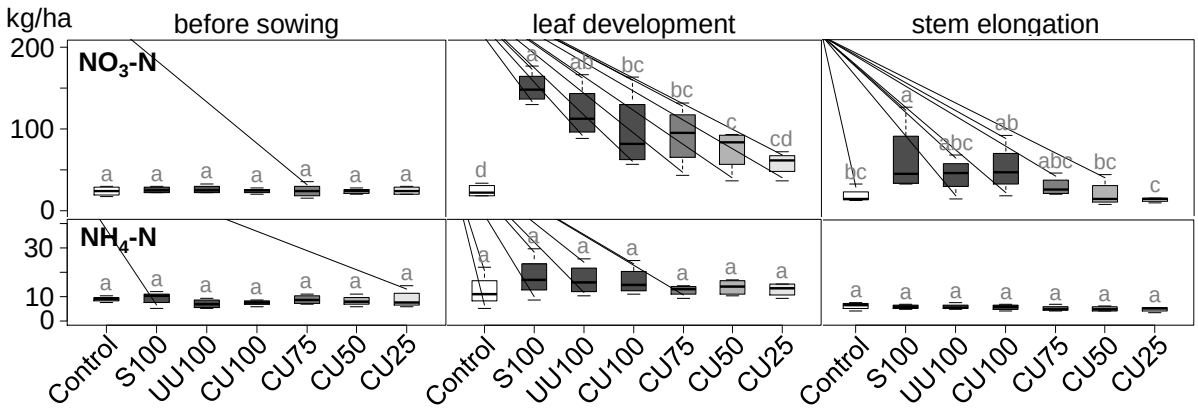


Fig. 2: Nmin in 0-30 cm 6 days before, 16 (BBCH 12) and 39 (BBCH 33) days after sowing/fertilization. Means with the same letter are not significantly different at each sampling date.

The ammonium proportion differentiated depending on the N-level but no differences between the fertilizer types were detectable during the first 3 measurements (Tab. 1).

Tab. 1: NH_4-N proportion of total Nmin (0-30 cm) at 3 sampling dates. Means with the same letter are not significantly different at each sampling date.

development stage	Control	S100	UU100	CU100	CU75	CU50	CU25
before sowing/fertilization	28% a	27% a	21% a	23% a	27% a	26% a	26% a
leaf development	32% a	10% b	12% b	15% b	14% b	17% b	19% b
stem elongation	27% a	11% c	15% bc	13% c	16% abc	26% ab	27% a

Preliminary analyses of leaf chlorophyll contents showed no significant differences in SPAD values up to a reduction of N-level by 50% (Fig. 3).

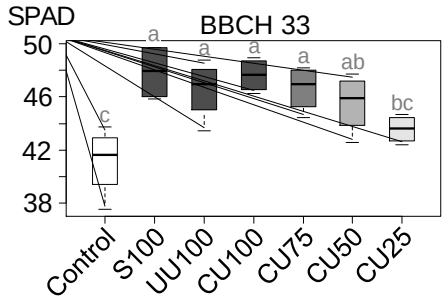


Fig. 3: SPAD-meter readings 39 days after sowing (N=30 readings/plot). Means with the same letter are not significantly different.

Further discussion and conclusions based on continued soil analyses and SPAD measurements will be presented on the poster.

Acknowledgements

This work was conducted as part of project SASCHA. We are grateful for funding by the BMBF within their sustainable land management funding framework (funding reference 01LL0906A).

References

CGIAR-CSI, 2009. Global Aridity Index and Global Potential Evapo-Transpiration Methodology and Geospatial Dataset. http://www.cgiar-csi.org/data/global-aridity-and-pet-database (27.1.14).

GADM, 2012. Global Administrative Areas | Boundaries without limits. http://www.gadm.org/ (11.1.13).

WorldClim, 2013. Global Climate Data | Free climate data for ecological modeling and GIS http://www.worldclim.org/ (26.3.13)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 177–178 (2015)

Gemengeanbau von Mais mit Phaseolus-Bohnen: Einfluss von Sorte und Saatdichte der Bohnen auf die Bestandszusammensetzung

Fischer, J.[1], Höppner, F.[2] und Böhm, H.[1]

[1]Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau; [2]Julius Kühn-Institut/Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig. E-Mail: *jenny.fischer@ti.bund.de*

Einleitung

Vor dem Hintergrund, dass eine nachhaltige Proteinversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere zukünftig verstärkt mit betrieblich oder regional erzeugten Futtermitteln erfolgen soll, bietet der Mais-Bohnen-Gemengeanbau, insbesondere für den Ökologischen Landbau, einige Vorteile. Während Silomais, aufgrund der hohen Energiedichte und der guten Silierfähigkeit ein wichtiges Grundfuttermittel darstellt, müssen die geringen Proteingehalte in der Maissilage, durch eiweißreiche Futterkomponenten ergänzt werden. Durch den Gemengeanbau von Silomais mit rankenden Phaseolus-Bohnen besteht dagegen die Möglichkeit, ein silierfähiges und energiereiches Futtermittel zu gewinnen, das gegenüber der reinen Maissilage einen höheren Proteingehalt aufweist und in einem Arbeitsgang gewonnen werden kann. In ersten Versuchen am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau konnte der Gemengeanbau von Mais mit Phaseolus-Bohnen bereits erfolgreich unter den Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus etabliert werden (Fischer und Böhm 2013).

Material und Methoden

Zur weiteren Optimierung des Mais-Bohnen Gemengeanbaus werden am Versuchsstandort des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau (Schleswig-Holstein, sL, 740 mm, 8,7°C), von 2014 – 2016 Parzellenversuche in 4-facher Feldwiederholung mit verschiedener Schwerpunktsetzung angelegt. Die Maissaat (cv. Fabregas, S210) erfolgte am 27. Mai 2014 in einer Saattiefe von ca. 6 cm. Als Kontrollvariante dienten Maisparzellen in Reinsaat mit einer Saatdichte von 11 Körnern (Kö) m^{-2}. In allen Gemengevarianten wurde die Saatdichte des Maises auf 8 Kö m^{-2} reduziert, um die interspezifische Konkurrenz zwischen Mais und Bohne zu minimieren. Um den Unkrautdruck möglichst gering zu halten wurden die Parzellen zum 2-3-Blattstadium vom Mais gestriegelt und vor der Bohnensaat im 3-4-Blattstadium nochmals gehackt. Die Bohnen wurden nach Abschluss der Pflegearbeiten, am 17. Juni gelegt. Die Aussaat erfolgte in alternierenden Reihen mit einem Abstand von ca. 15 cm zum Mais in einer Tiefe von 4 cm und einer Saatdichte von 6 Kö m^{-2}. Im Sortenversuch (SV) wurden 4 Stangenbohnen (cv. Cobra, Grünes Posthörnchen, Tarbais, Terli) sowie 2 Feuerbohnen (cv. Preisgewinner, Weiße Riesen) auf ihre Eignung für den Gemengeanbau geprüft. Zur Optimierung der Bestandszusammensetzung wurden im Aussaatstärkenversuch die Stangenbohne Tarbais und die Feuerbohne Preisgewinner in drei Saatdichten (6, 9, 12 Kö m^{-2}) mit dem Silomais kombiniert. In beiden Versuchen wurden pflanzenbauliche Parameter (Wuchshöhe, Blattmasse, Ertrag und Ertragsanteile etc.) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der späten Aussaat und den günstigen Wachstumsbedingungen für den Mais kam es in den Versuchen zu starken Konkurrenzeffekten, die sich negativ auf die Entwicklung der Bohnen auswirkte. Während der Mais in Reinsaat (M11-RS) mit 155 dt TM ha^{-1} ein hohes Ertragsniveau erreichte, fiel der Ertrag in der Reinsaat mit reduzierter Saatstärke (M8-RS) mit 142 dt ha^{-1} um 8% niedriger aus (Abb. 1). Die Gemengevarianten zeigten, mit Ausnahme der Feuerbohnenvariante mit der Sorte Preisgewinner, ein vergleichbares Niveau gegenüber der Kontrollvariante (M11-RS). Die Ertragsanteile der Bohnen waren jedoch in allen Varianten sehr gering. Die signifikant höchsten Bohnenertragsanteile wiesen die Gemenge mit den Sorten Tarbais (12 dt ha^{-1}) und Grünes Posthörnchen (10 dt ha^{-1}) auf.

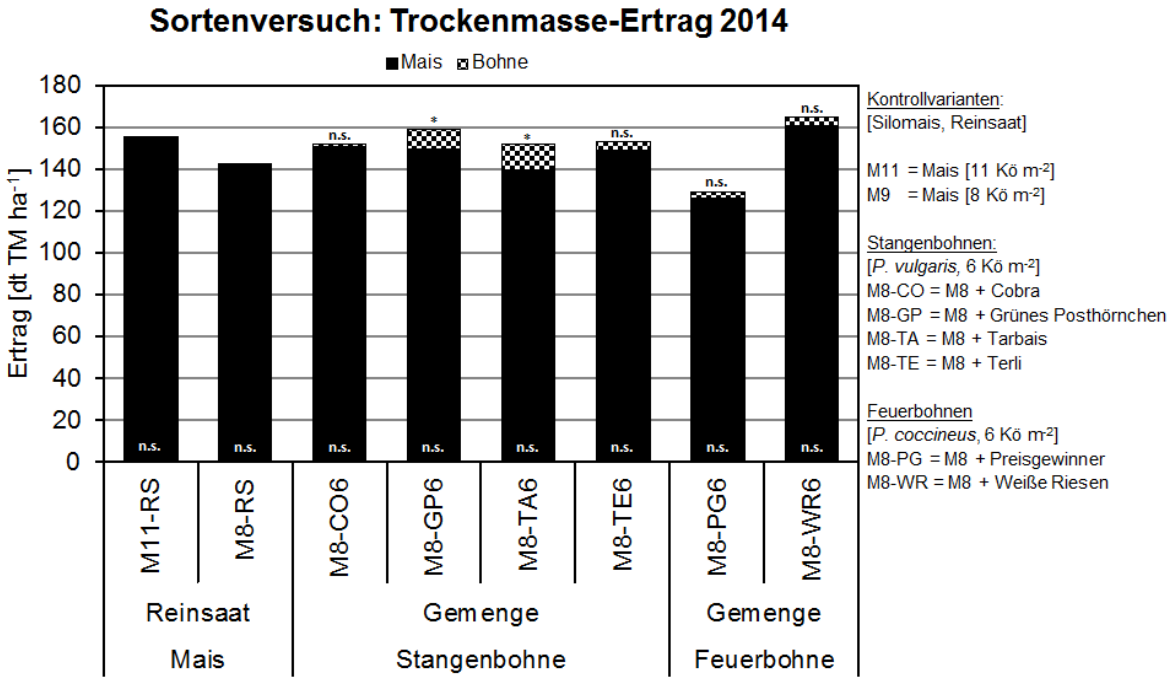


Abb. 1: Trockenmasseerträge von Mais und Bohne im Sortenversuch 2014. (* kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Ertragsanteilen, n.s.: nicht signifikant (SNK, $p<0,05$);

Im Aussaatstärkenversuch konnten die Ertragsanteile der Bohnen mit zunehmender Saatstärke der Bohnen gesteigert werden, wobei die Gemengevarianten geringe Ertragseinbußen gegenüber der Kontrollvariante (M11-RS) verzeichneten. Wie für den SV dargestellt, erzielte die Stangenbohne in allen drei Saatstärken deutlich höhere Ertragsanteile als die Feuerbohne, die nach den bisherigen Ergebnissen stärker unter der Konkurrenz und dem Lichtmangel leidet.

Literatur

Fischer J, Böhm H (2013) Ertrag und Futterwert von Mais-Bohnen Gemengen als Ganzpflanzensilage in der Milchviehfütterung. In: Neuhoff D, Stumm C, Ziegler S, Rahmann G, Hamm U, Köpke U (eds) Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau : Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung . Berlin: Köster, pp 470-471

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 179–180 (2015)

Wirkung verschiedener Impfstoffe auf die Knöllchenbildung und Stickstofffixierung von Soja (*Glycine max* (L.) Merr.)

Feng Yan, Désirée Dirich und Bernd Honermeier

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

Einleitung

Soja ist keine einheimische Pflanze in Deutschland. Trotzdem werden Sojabohnen in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie in großer Menge nachgefragt und verbraucht. Um zukünftig auch aus einheimischer Erzeugung Soja bereitstellen zu können, werden gegenwärtig umfangreiche Anbauerprobungen durchgeführt. Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahren auch in Deutschland eine Soja-Anbaufläche etabliert, die im Jahr 2014 auf etwa 10.000 ha geschätzt wurde.

Soja ist als Leguminose in der Lage, durch die Infektion mit Rhizobien Wurzelknöllchen zu bilden und den Luftstickstoff zu fixieren. Die für Soja spezifischen Rhizobien (*Bradyrhizobium japonicum*) sind in einheimischen Böden nicht immer ausreichend vorhanden. Aus diesem Grund gehört die Impfung mit geeigneten Rhizobien zu den wichtigsten Methoden des Sojaanbaus.

Ziel des Versuchs war es daher, die Wirkung verschiedener auf dem Markt verfügbarer Impfstoffe auf die Knöllchenbildung und auf die Stickstofffixierung von Soja zu testen.

Material und Methoden

Im Jahr 2014 wurde ein Feldversuch mit Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) am Standort Groß-Gerau 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 einfaktorielle Blockanlage mit dem Prüffaktor Impfstoff angelegt. Jede Parzelle hatte eine Fläche von 10,5 m^2 (7 m x 1,5 m). Im Versuch wurden vier Impfstoffe (HiStick, Force, Biodoz, Radicin) mit jeweils 4 Wiederholungen getestet, wobei zusätzlich eine Kontrolle mit Startdünung (50 kg N/ha) ohne Impfbehandlung getestet wurde. Unmittelbar vor der Aussaat wurde das Saatgut (Sorte Sultana 000) mit dem jeweiligen Impfstoff beimpft und Anfang Mai mit 60 Körnern/m^2 (Reihenabstand: 25 cm) ausgesät. Bei Bedarf wurden die Pflanzen beregnet. Im Stadium der Hülsenbildung wurden Proben entnommen, um die Anzahl von Knöllchen pro Pflanze zu bestimmen. Es wurden die Frisch- und Trockenmasse von Spross, Hülsen, Wurzel und Knöllchen detektiert und der Gehalt an Stickstoff in den geernteten Pflanzenorganen analysiert. Ende September wurden die Pflanzen in der Vollreife geerntet. Dabei wurden Kornertrag, Anzahl der Hülsen pro Pflanze und Anzahl der Körner pro Pflanze ermittelt. Der Proteingehalt der Sojakörner wurde im Labor (Elementaranalysator) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Auflauf der Sojapflanzen war vergleichbar für alle Varianten. Im Stadium der Hülsenbildung wurde die Anzahl von Knöllchen bestimmt. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Anzahl von Knöllchen für alle getesteten Varianten

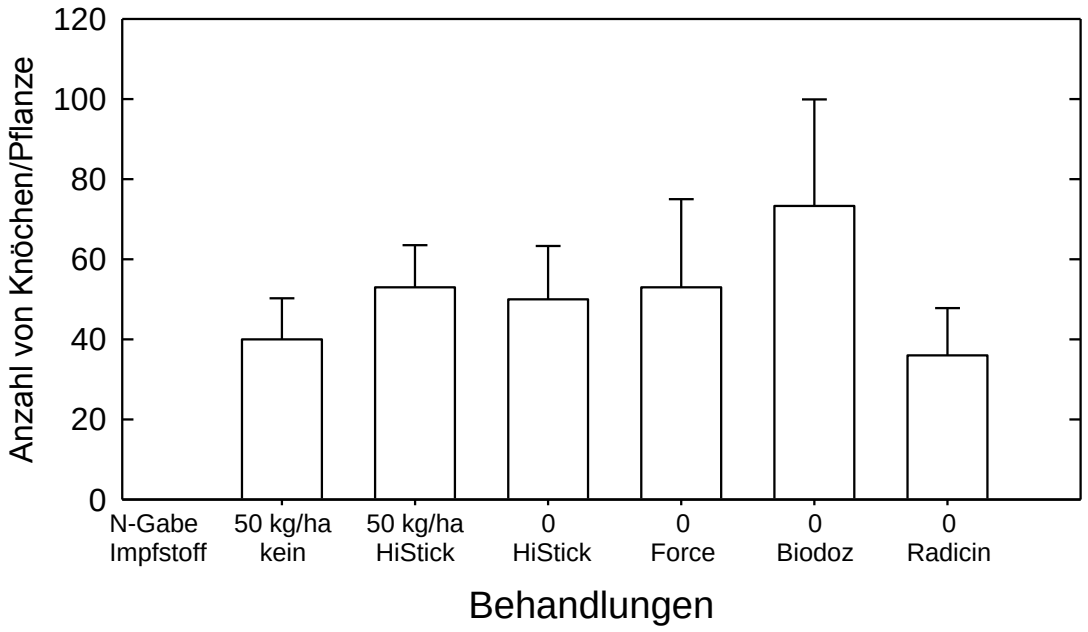


Abb. 1: Einfluss verschiedener Impfstoffe auf die Knöllchenbildung der Sojapflanze. Die Anzahl der Knöllchen pro Pflanze wurde im Stadium der Hülsenbildung bestimmt.

(Abb. 1). Auch die Sojapflanzen in der Kontrollparzelle (ohne Impfstoff) bildeten Knöllchen. Wahrscheinlich gab es genügend bodenbürtige Rhizobien, die die Sojapflanzen zur Knöllchenbildung infizieren konnten. Unter allen getesteten Impfstoffen schnitt Biodoz mit mehr als 70 Knöllchen pro Pflanze am besten ab (Abb.1), während die Impfung mit Radicin weniger als 40 Knöllchen pro Pflanze induzierte. Die Impfungen mit HiStick und Force führten zu etwa gleicher Knöllchenanzahl (etwa 50 Knöllchen pro Pflanze).

Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen verschiedenen Impfbehandlungen für den N-Gehalt in Spross, Wurzel, Hülsen und Knöllchen festgestellt werden. Der N-Gehalt zwischen verschiedenen Organen unterschied sich stark mit Werten von 1,4 % für den Spross, 1 % für die Wurzel, 5 % für die Knöllchen und >7 % für die Hülsen. Es deutet darauf hin, dass bis zum Stadium der Hülsenbildung die Knöllchenbakterien sehr aktiv N_2 fixieren. In Hülsen werden hohe Mengen an N für die Proteinsynthese akkumuliert. Es ist interessant, dass der N-Gehalt der Hülse in der Phase der Hülsenbildung viel höher ist als der N-Gehalt der Körner (6,5 %) im Stadium der Vollreife.

Zwischen verschiedenen Impfbehandlungen gab es keinen signifikanten Unterschied in Kornertrag (25 dt/ha) und TKM (195 g). Der Proteingehalt der Körner lag einheitlich bei etwa 40 % für alle Varianten.

Aus unseren Daten lässt sich ableiten, dass eine gute Knöllchenbildung an Sojapflanzen auf dem Standort Groß-Gerau stattgefunden hat. Zwischen vier getesteten Impfstoffen zeigte Biodoz eine tendenziell bessere Nodulation, während Radicin eine schlechte Nodulation aufwies. Dieser leichte Unterschied zwischen den Impfstoffen hatte keinen Einfluss auf den Kornertrag und Proteingehalt der Körner.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 181–182 (2015)

Kornerträge von Ackerbohnen in Süd-Niedersachsen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus

Rüdiger Jung und Rolf Rauber

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen; E-Mail: *rjung@uni-goettingen.de*

Einleitung

In den Jahren 2009, 2010 und 2014 wurden faktorielle Feldversuche mit Sommer-Ackerbohnen (*Vicia faba*) als Hauptfrucht auf dem Versuchsgut Reinshof (Georg-August-Universität Göttingen) durchgeführt. Primäres Ziel der Untersuchungen war die Prüfung des Einflusses reduzierter Bodenbearbeitung sowie von Direktsaatverfahren auf die Ertragsleistungen im ökologischen Landbau. Zudem wurden im Jahr 2014 verschiedene Verfahren zur Unkrautregulierung untersucht.

Material und Methoden

Die Feldversuche der Jahre 2009 und 2010 (Jung & Rauber 2010, 2011) wurden auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in Göttingen-Reinshof (51°30`Nord, 9°25`Ost) durchgeführt (Umstellung 1994, Auenlehm, Ut2 bis Ut4, Humusgehalt 2,7 bis 2,9%, pH 6,7 bis 7,3). Vor der Aussaat der Sommer-Ackerbohnen (cv. Fuego, 35 Körner/m²; Reihenweite 38 cm) am 8.4.2008 bzw. 8.4.2009 wurde als Zwischenfrucht ein Hafer-Sonnenblumen-Gemenge angesät (5.8.08 bzw. 14.8.09). Vorfrucht war Sommergerste. Zudem wurde die Bodenbearbeitung differenziert: (a) keine Bearbeitung, Aussaat der Ackerbohnen mit Cross-Slot-Technik in abgestorbene Zwischenfrucht, (b) Flügelschargrubber und Kreiselegge, Aussaat mit Cross-Slot-Technik, (c) Wendepflug und Kreiselegge, Aussaat der Ackerbohnen mit Einzelkornsägerät „Monoair“ (Fa. Fähse). Düngungsmaßnahmen wurden nicht durchgeführt. Unkräuter wurden abschnittsweise durch Hacken reguliert.

Der Feldversuch 2014 wurde auf einer ökologisch bewirtschafteten Fläche angelegt, die erst ab dem Jahr 2011 umgestellt wurde (Auenlehm, Tu3, Humusgehalt ca. 2,7%, pH 6,9). Vor den Sommer-Ackerbohnen (cv. Fuego, 40 Körner/m² in Rein- oder Gemengesaaten, Reihenweite 22 cm) mit Aussaat am 26.3.2014 (Drillsaat mit Parzellentechnik, Fa. Haldrup) stand ein Zwischenfruchtgemenge aus Sonnenblumen und Sommertriticale (Saat: 9.8.2013). Vorfrucht war Wintergerste. Bodenuntersuchungen zeigten, dass P und K nur in Gehaltsklasse B vorlagen, daher wurde am 24.2.2014 mit Patentkali (entsprechend ca. 90 kg K_2O/ha) gedüngt. Unkräuter wurden in Teilparzellen mit einem Turbo-Rollstriegel (Fa. Annaburger) reguliert.

Ergebnisse und Diskussion

Für die faktoriellen Feldversuche im ökologischen Landbau am Standort Reinshof der Jahre 2009, 2010 und 2014 wurde jeweils die tanninhaltige Ackerbohnen-Sorte „Fuego“ ausgewählt. Dies geschah auf Grund der vielfach positiven Sorten-Beschreibung hinsichtlich der Ertragsleistung, Standfestigkeit und Blattgesundheit (Gronow et al. 2008). Am Standort Reinshof konnten in den Jahren 2009 und 2010 keine zufriedenstellenden Erträge realisiert werden (24 bzw. 30 dt ha^{-1}). Demgegenüber stehen die sehr guten Erträge aus dem Jahr 2014 (66 dt ha^{-1}, Tab. 1). Der Vergleich mit externen Kornerträgen (Hessen, Niedersachsen, Deutschland, ökologisch und konventionell, Tab. 1) zeigt, dass Jahres- und Standorteffekte offensichtlich eine

bedeutende Rolle spielen. Zahlreiche Faktoren beeinflussten die Ertragsbildung: u.a. Niederschlagsmengen und -verteilung, Schaderreger (2009: Läuse) sowie die Art der Bestandesführung und die Düngung. Am Standort Reinshof wurden in allen drei Untersuchungsjahren die höchsten Ackerbohnen-Erträge in der Bodenbearbeitungs-Variante mit Wendepflug ermittelt. Die Mehrerträge gegenüber der nicht-wendenden Variante mit Grubber lagen im Mittel bei ca. 2,3 dt ha^{-1}.

Tab. 1: Mittlere Korn-TM-Erträge (dt ha^{-1}) von Ackerbohnen aus faktoriellen Feldversuchen (2009, 2010, 2014) am Standort Göttingen-Reinshof (**fett**). Zum Vergleich sind Ackerbohnen-Kornerträge aus verschiedenen Quellen aufgeführt.

Jahr	Standort/Gebiet	Sorte	Anbau	Korn-Ertrag (dt TM ha^{-1})	Quellen
2009	**Reinshof (Nieders.)**	**Fuego**	**ökol.**	**30,3**	Jung & Rauber 2010
2009	Liederbach (Hessen)	Fuego	ökol.	53,5	LLH[1)]
2009	Deutschland Ø	-	konv.	39,5	destatis.de[3)]
2010	**Reinshof (Nieders.)**	**Fuego**	**ökol.**	**23,7**	Jung & Rauber 2011
2010	Reinshof (Nieders.)	Fuego	konv.	41,7	EU-SV[2)]
2010	Oldendorf II (Nieders.)	Fuego	ökol.	32,1	LWK Ns.[1)]
2010	Deutschland Ø	-	konv.	30,6	destatis.de[3)]
2014	**Reinshof (Nieders.)**	**Fuego**	**ökol.**	**65,9**	Jung (unv.)
2014	Reinshof (Nieders.)	Fuego	konv.	63,3	EU-SV[2)]
2014	Oldendorf II (Nieders.)	Fuego	ökol.	52,2	LWK Ns.[1)]
2014	Niedersachsen Ø	-	konv.	57,3	destatis.de[3)]
2014	Deutschland Ø	-	konv.	42,7	destatis.de[3)]

[1)] Daten aus Landessortenversuche (Niedersachsen, Hessen) in Versuchsberichts-Datenbank, www.isip.de
[2)] EU-Sortenversuche (UFOP-Schriften), www.ufop.de [3)] Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, www.destatis.de

Mechanische Unkraut-Regulierungsmaßnahmen bewirkten unterschiedliche Effekte. Im Jahr 2010 wurden Hackgeräte gegen Ackersenf (*Sinapis arvensis*) eingesetzt. Dies resultierte in höheren Kornerträgen von bis zu 3,5 dt ha^{-1}. Im Jahr 2014 wurde im Vor- und Nachauflauf der Bohnen u.a. ein Turbo-Rollstriegel verwendet. In diesem Fall ergaben sich durch die Schädigungen einzelner Ackerbohnen-Pflanzen im Vergleich zur reinen Hackvariante Ertragsverluste von bis zu 6,2 dt ha^{-1}. Im Gemenge mit Hafer standen Ackerbohnen in der Drillreihe enger, daher wurden hier durch die Unkrautregulierung nur geringe Unterschiede im Kornertrag beobachtet.

Literatur

Gronow, J., Sauermann, W. & G. Barthelmes, 2008: EU-Sortenversuche Ackerbohnen. UFOP-Schriften, Heft 36: 92-98.
Jung, R. & R. Rauber, 2010: Anbau von Ackerbohnen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus bei differenzierter Bodenbearbeitung – Ergebnisse zur symbiotischen Stickstoff-Fixierung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 22: 179-180.
Jung, R. & R. Rauber, 2011: Möglichkeiten zur Steigerung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung beim Anbau von Ackerbohnen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 23: 208.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 183–184 (2015)

Mischsilierung von Mais mit Stangen- oder Feuerbohne aus ökologischem Landbau

Frank Höppner[1], Jenny Fischer[2] und Herwart Böhm[2]

[1]Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, 38116 Braunschweig; [2]Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, 23847 Westerau. E-Mail: *frank.hoeppner@jki.bund.de*

Einleitung

Mais mit Bohne im Gemenge bietet sich in Mischkultursystemen als Futtergrundlage für die Protein- und Energieversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere an. Im Ökologischen Landbau werden beide Pflanzenarten bisher weniger verbreitet angebaut und es gibt kaum Erkenntnisse zur Siliereignung. Zur Prüfung des Silierverlaufes und der Silagequalität wurden Laborsilagen von Mais mit verschieden Bohnensorten als auch Mustermischsilagen für Fütterungsversuche erzeugt. Auch sollte der Einsatz eines biologischen Siliermittels den Silierprozess positiv unterstützen.

Material und Methoden

In Trenthorst wurde Erntematerial aus einem Sortenversuch (SV) eines Mais-Bohne Gemengeanbaus, Aussaatstärke 8 Körner/m² Mais mit 6 Körner/m² Bohne, siliert (Mais mit Bohnensorten Cobra (CO), Grünes Posthörnchen (GP), Tarbais (TA), Terli (TE), Weiße Riesen (WR) und Preisgewinner (PG)). Darüber hinaus wurden für Fütterungsversuche in den Mengenanteilen von Mais mit Bohne gezielte Mustersilagen (MSil) erzeugt (Mais mit den Bohnensorten TA und PG, Mischungsanteile der Bohnen mit Mais: 15%, 30% und 45%). Zum Vergleich wurden jeweils 100%ige Maissilagen (M-RS, 11 Körner/m²) angesetzt. Um den Gärverlauf zu verfolgen sowie die Silierfähigkeit und Silagequalität zu prüfen, erfolgte die Abwicklung im Labormaßstab (1,5 l Gefäße, verdichtet, Silierung über mindestens 90 Tage sowie Zwischenentnahmen am 5. und 14. Tag). Nur bei den Mustersilagen wurden ergänzend am 49. Tag nicht ganz optimal verdichtete Silagen entnommen, die einem vorhergehenden Luftstress (nach dem 28. u. 42. Tag, jeweils für 24 Stunden) ausgesetzt waren. Möglicherweise in der Praxis ungünstig auftretende Silierbedingungen sollten damit simuliert werden. Alle Varianten wurden ohne Siliermittel (Kontrolle) und mit Siliermittel (Zusatz) geprüft. Als Siliermittel diente das für den ökologischen Landbau zugelassene biologische Mittel „Bon Silage“, welches als Wirkstoffe homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien enthält. Anwendungsziele sind ein optimierter Gärverlauf, eine erhöhte Energiedichte und nach Öffnung der Silagen verbesserte aerobe Stabilität. Bestimmt wurden pH-Wert, Keimbesatz (Hefen, Schimmel, Milchsäurebakterien (MSB)), organische Säuren und aerobe Stabilität.

Ergebnisse und Diskussion

<u>Erntegut:</u> Die für einen optimalen Silierprozess angestrebten TS-Gehalte von mehr als 30% wurden nur nicht bei den MSil mit höheren Bohnenanteilen erreicht. Der geringste Wert trat mit 26% bei der Variante PG 45% auf. Das Erntematerial aller Varianten war durch einen hohen Hefen- und Schimmelbesatz gekennzeichnet. Die Messwerte lagen sowohl beim Mais als auch den Mais-Bohne Gemengen mit im Mittel von $9{,}1*10^5$ KbE/g FM für Hefen und $2{,}0*10^4$ KbE/g FM für Schimmel in Nähe

der Toleranzgrenze. Die Population der Milchsäurebakterien (MSB) war ebenfalls mit $4{,}0*10^5$ KbE/g FM (SV) und $3{,}5*10^5$ KbE/g FM (MSil) schon hoch ausgeprägt. Durch Zugabe des Siliermittels „Bon Silage Mais“ war erwartet worden, dass insgesamt ein Anstieg der MSB erfolgt. Dieser wurde nur in geringen Nuancen festgestellt, auf $8{,}3*10^5$ bzw $5{,}5*10^5$ KbE/g FM. Somit lagen für die Varianten Kontrolle und Zusatz nahezu identische Ausgangsbedingungen vor.
Der Vergärbarkeitskoeffizient, welcher die zu erwartende Gäreignung des Erntematerials beschreibt, kann ab einem Wert von ≥ 45 als gut bezeichnet werden (Jänicke 2011). Alle Mais-Bohnen Sortenmischungen sowie die Mais-Reinsaat erreichten mit Koeffizienten von knapp 45 bis gut 53 eine ausreichende bis gute Ausgangssituation. Die MSil mit 15% Bohnenanteilen lag mit 42 etwas schlechter. Mit höheren Bohnenanteilen sank der Wert weiter ab (30% = 36, 45% = 31). Wesentliche Unterschiede wurden bei den Bohnensorten TA und PG nicht festgestellt.
Silage (MSil): Die gewünschte schnelle pH-Wert-Absenkung von ≤ 4 wurde bei allen Varianten nach 5 Tagen erreicht. Diese blieb anschließend dauerhaft stabil (Tab. 1). Kontrolle und Zusatz unterschieden sich hierbei nicht. Die durch den Silierprozess bedingten Trockenmasseverluste lagen zwischen 3,9 und 5,0%. Wie erwartet, wurden um 0,5 bis 1% höhere Verluste bei den Zusatzvarianten erzielt. Bei zunehmendem Silierprozess erhöhten sich die Essigsäuregehalte mit steigenden Bohnenanteilen. Am 90. Tag lagen diese bei den Mischvarianten mit TA und PG bei maximal 3,1 bzw. 2,6% (Tab. 1). Gleiche Tendenzen wurden auf einem höheren Gehaltsniveau bei der Milchsäure beobachtet. Nur die Zusatz-Varianten hatten gegenüber der Kontrolle am 90. Tag aufgrund der der höheren Essigsäuregehalte dann geringere Milchsäurewerte. Unter optimalen Silierbedingungen wurden bei allen Varianten Hefen und Schimmel gänzlich abgetötet (Tab 1). Die aerobe Stabiltät war für einen ausreichenden Zeitraum bis zu mindestens 7 Tagen gegeben. Waren die Varianten einem Luftstress ausgesetzt, so erwärmten sich alle Silagen schon nach 1 Tag. Dies wurde durch eine schnelle Ausbreitung der Hefen verursacht, welche mit hohen Werten (10^4 bis 10^5 KbE/g FM) noch vorhanden waren.

Tab. 1: PH-Wert, Gärverluste, Gärprodukte u. Keimbesatz der MSil nach 90 Tagen Silierdauer

Variante	pH	GV[1] TM [%]	Hefen [KbE[6]/g FM]	Schimmel [KbE[6]/g FM]	Gärprodukte TM [%] MS[2]	ES[3]	EA[4]	PD[5]	pH	GV[1] TM [%]	Hefen [KbE[6]/g FM]	Schimmel [KbE[6]/g FM]	Gärprodukte TM [%] MS[2]	ES[3]	EA[4]	PD[5]
				Kontrolle								Zusatz				
TA 15%	3,8	3,9	0,0	0,0	6,0	2,0	1,4	0,0	3,9	4,4	0,0	0,0	3,9	2,7	1,2	1,5
TA 30%	3,9	3,8	0,0	0,0	7,2	2,1	1,5	0,0	3,9	4,5	0,0	0,0	5,8	2,8	2,0	0,8
TA 45%	3,9	3,8	0,0	0,0	8,5	2,2	1,8	0,0	4,0	4,6	0,0	0,0	6,0	3,1	1,7	1,2
PG 15%	3,8	4,1	0,0	0,0	5,5	1,8	1,2	0,0	4,0	4,8	0,0	0,0	4,7	2,0	1,5	0,3
PG 30%	3,9	4,0	0,0	0,0	7,1	1,7	1,3	0,0	4,0	5,0	0,0	0,0	6,1	2,5	1,5	0,6
PG 45%	3,9	4,0	0,0	0,0	8,9	1,9	1,5	0,0	4,1	4,9	0,0	0,0	6,1	2,6	1,4	0,8
M-RS	3,8	4,5	0,0	0,0	5,3	2,0	1,1	0,0	3,8	4,9	0,0	0,0	4,4	2,1	1,3	0,5

[1] = Gärverluste, [2] = Milchsäure, [3] = Essigsäure, [4] = Ethanol, [5] = 1,2-Propandiol, [6] =Koloniebildende Einheiten

Literatur

Jänicke, H., 2011: Grobfutter- und Substraterzeugung In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Aufl., DLG, Frankfurt, 23-50.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 185–186 (2015)

Funktionale Biodiversitätsindikatoren für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel

Köhler, Anna; Wolfrum, Sebastian; Siebrecht, Norman
und Hülsbergen, Kurt-Jürgen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising. E-Mail: *anna.koehler@tum.de*

Einleitung

Die wachsende Wahrnehmung des Biodiversitätsverlustes in der Gesellschaft stellt Unternehmen der Lebensmittelbranche vor die Herausforderung, dieses Thema in ihr Umweltmanagement und Marketing zu integrieren. In der Lebensmittelindustrie ist die Landwirtschaft der Haupteinflussfaktor auf Biodiversität, sowohl im Positiven als auch im Negativen. In nachhaltigen Landnutzungssystemen profitieren Landwirte von zahlreichen mit Biodiversität assoziierten Ökosystemleistungen wie natürlichem Pflanzenschutz oder dem Nährstoffumsatz im Boden (Power 2010). Genaue Informationen über den Zustand der funktionalen Biodiversität und die beeinflussenden Faktoren sind aber selten vorhanden. Deshalb werden Indikatoren zur funktionalen Biodiversität auf landwirtschaftlichen Nutzflächen entwickelt, die in das Biodiversitätsmanagement von Unternehmen der Wertschöpfungskette ökologische Lebensmittelerzeugung integriert werden können (Abb. 1).

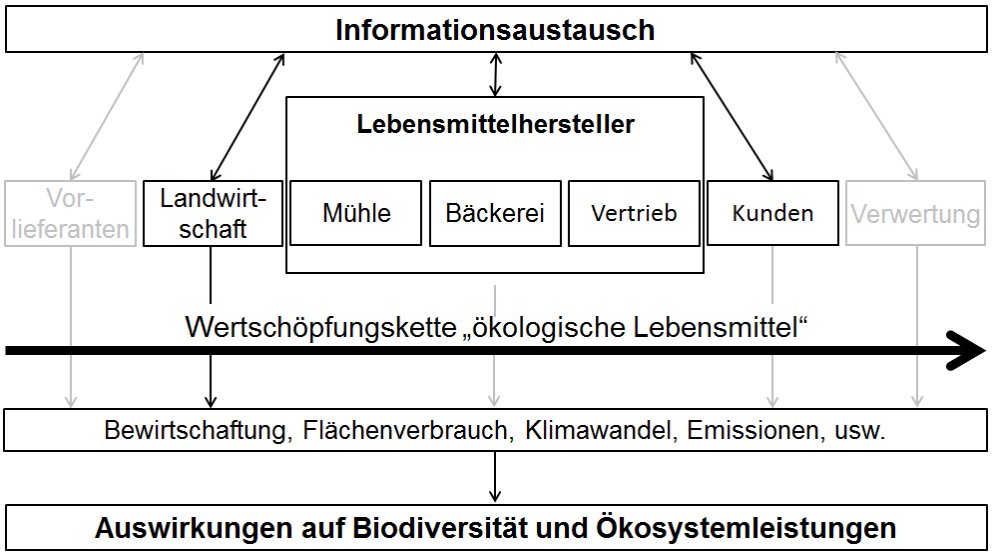


Abb. 1: Schema der Wertschöpfungskette für ökologische Lebensmittel und ihre Wirkungen auf Biodiversität und Ökosystemleistungen

Material und Methoden

Die Indikatoren und Methoden werden in Zusammenarbeit mit allen relevanten Akteuren der Wertschöpfungskette in Fokusgruppen entwickelt. Auf neun Praxisbetrieben in Südbayern und einem Fallstudienbetrieb bei Hameln werden direkte Biodiversitätsindikatoren wie Abundanz und Artenvielfalt ausgewählter Organismen (Regenwürmer, Spinnen, Bienen, usw.) und die mit ihnen verknüpften

Ökosystemleistungen (Wasserinfiltration, Nährstoffumsatz, usw.) erfasst. Indirekte Indikatoren (Bewirtschaftungsmaßnahmen) und Landschaftsstrukturparameter werden genutzt, um Modelle zur Ursache-Wirkungs-Beziehung von Biodiversität und Ökosystemleistungen zu entwickeln.

Ergebnisse und Diskussion

2014 und 2015 wurden Regenwürmer, Bienen, Spinnen, Laufkäfer und Pflanzen sowie die Landschaftsstruktur nach standardisierten Protokollen erfasst (Herzog et al. 2012). Die Daten werden nun analysiert, um die angewandten Methoden zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Die Standardanbauverfahren wurden auf den Betrieben erfasst und die Auswertung mit den Akteuren der Wertschöpfungskette hat begonnen.

Ziel des Projektes ist es, ein einfaches und aussagekräftiges Methodenset zur Erfassung und Bewertung funktionaler Biodiversität auf landwirtschaftlichen Betrieben zu entwickeln. Die Ergebnisse sollen den Akteuren der Wertschöpfungskette kommuniziert werden können und dazu genutzt werden, das Biodiversitätsmanagement ökologischer Lebensmittelhersteller zu verbessern.

Danksagung

Dieser Arbeit wurden im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Instrumenten für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel“ (AZ 31164-33/0) durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

Power, A.G. (2010): Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. Philosophical Transactions of the Royal Society B, vol. 365, S. 2959–2971.

Herzog, F.; Balázs, Katalin; Dennis, Peter; Friedel, Jürgen; Geijzendorffer, Ilse; Jeanneret, Philippe; Kainz, Max; Pointereau, Philippe (eds.) (2012): Biodiversity indicators for European faming systems. A Guidbook. Zürich: Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 187–188 (2015)

Mischanbau von Energiemais mit Stangenbohnen im Ökologischen Landbau - Ergebnisse des 2. Versuchsjahres

Liina Nurk[1], Rüdiger Graß[1], Sabine Hubert[2], Carola Pekrun[2], Michael Wachendorf[1]

[1]Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe; [2]Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Agrarforschung
E-Mail: *liina.nurk@uni-kassel.de*

Einleitung

Der Mischanbau von Mais und Stangenbohne soll zu einer erhöhten ökologischen Verträglichkeit des Maisanbaus und zu einem höheren Proteingehalt des Futters beitragen. Nach dem 1. Versuchsjahr mit der Bohnensorte „Neckarkönigin“ (Nurk et al., 2014) wurde im 2. Jahr die Bohnensorte gewechselt, da „Neckarkönigin“ deutlich vor der Maisernte reif wurde, die Blätter abgeworfen hatte und nur 1-5 % des Gesamtertrags ausmachte.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Neu-Eichenberg bei Witzenhausen (Universität Kassel) wurden im Jahr 2014 Mais (Sorte Fernandez) und Bohnen (Sorte Anellino Verde) 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 angebaut. Mais wurde am 29. April ausgesät. Erster Saattermin der Bohnen war am 2. Juni, der zweite am 13. Juni. Untersucht wurden die Bestandesentwicklung, der Biomasse- und Methanertrag.

Zur Methanpotentialmessung wurde eine Messreihe von Mais und Bohne mit Abstufungen von 12,5 % erstellt, angefangen von 100 % Mais bis zu 100 % Bohne, Mischungen je nach Gewichtsanteil.

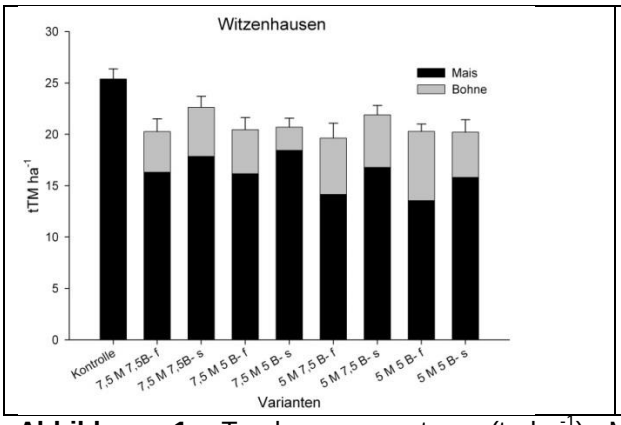
Ferner wurden vier Varianten der mechanischen Unkrautregulierung geprüft. Neben der Kontrollvariante ohne jegliche Regulierung gab es: Variante 1 mit 1 x Maschinenhacke vor und 1 x Handhacke nach der Bohnensaat; Variante 2 mit 1 x Maschinenhacke vor und 1 x Maschinenhacke nach der Bohnensaat; Variante 3 mit 1 x Maschinenhacke vor und mehrfacher Handhacke nach der Bohnensaat; Variante 4 mit 1 x Maschinenhacke vor und mehrfacher Maschinenhacke nach der Bohnensaat.

Ergebnisse und Diskussion

Die tatsächlichen Pflanzenzahlen stimmten bei Mais mit den angestrebten Werten nahezu überein. Bei der Kontrolle - 10 Kö M pro m^{-2} waren es 10, bei 7,5 Kö m^{-2} waren es 6,5 ± 1 und bei 5 Kö m^{-2} waren es 4,9 ± 0,5 Pflanzen pro m^2(Pfl m^{-2}). Die Bohnen wurden nach dem Aufgang auf die geplante Bestandesdichte reguliert. Die für das Maiswachstum sehr guten Witterungsbedingungen in 2014 führten zu einer schnellen Mais- und Bohnenentwicklung.

Den höchsten Trockenmasseertrag erzielte die Kontrolle (10 Körner Mais pro m^2) mit 25,38 t ha^{-1} und den niedrigsten Ertrag die Variante mit 5 Körnern Mais und 7,5 Körnern Bohne, früh ausgesät, mit 19,64 t ha^{-1}. Die Bohnenanteile lagen

zwischen 11 und 33 % und damit deutlich höher als 2013. Die spät gesäten Bohnen hatten bis auf Variante 7,5M/7,5B-spät einen niedrigeren Anteil als die früh gesäten. Zugleich verzeichneten die spät gesäten Varianten insgesamt höhere TM-Gehalte als die früh gesäten. Der höhere Bohnenanteil bei den früh gesäten Varianten könnte zu einem niedrigeren TM-Gehalt des Gemenges geführt haben.



Witzenhausen				
	Gesamtertrag		TM	Bohnen
	tha^{-1}	sd	%	anteil %
Kontrolle	25,38	0,98	32,47	
7,5M/7,5B-f	20,27	1,23	27,76	19,38
7,5M/7,5B-s	22,62	1,07	30,20	21,00
7,5M/5B-f	20,45	1,17	28,25	20,79
7,5M/5B-s	20,69	0,87	28,69	10,80
5M/7,5B-f	19,64	1,43	27,18	27,85
5M/7,5B-s	21,88	0,92	30,21	23,23
5M/5B-f	20,28	0,71	26,66	33,05
5M/5B-s	20,21	1,21	29,38	21,65

Abbildung 1: Trockenmasseertrag (t ha^{-1}) Mais-Bohne-Mischanbau und Bohnenanteile am Gesamtertrag am Standort Witzenhausen, 2.Versuchsjahr 2014.

Beim Unkrautversuch war hinsichtlich des Gesamtertrags (15,97 t ha^{-1}) zu erkennen, dass bei der Kontrollvariante die Unkräuter die Entwicklung und das Wachstum von Mais und Bohne unterdrückt hatten, was zu einem niedrigen Ertrag führte. Bei den anderen Unkrautregulierungsvarianten gab es beim Ertrag (21,71 ± 1,27 t ha^{-1}) und den anderen Parametern keine signifikanten Unterschiede.

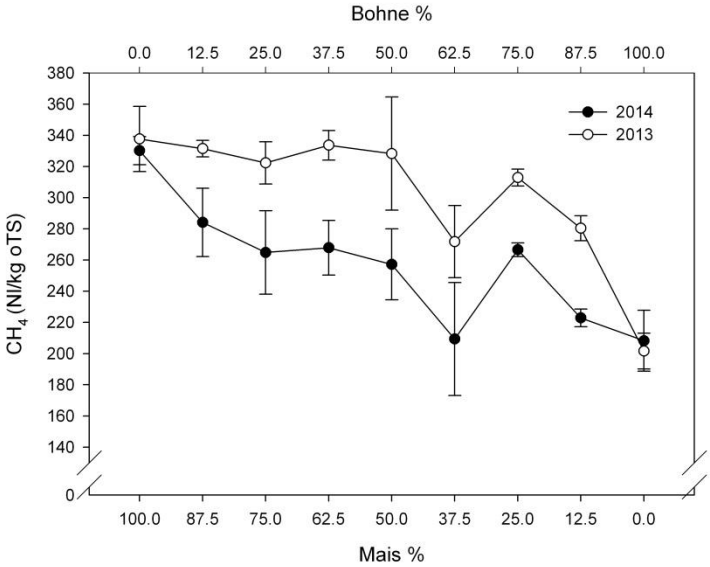


Abb. 2: Methanausbeute von Silagen unterschiedlicher Mais-Bohnen-Anteile (in %) bzw. von reiner Mais- und Bohnensilage.

Die Methanertragsmessungen zeigen den negativen Bohneneinfluss auf die Methanausbeute. Je höher der Bohnenanteil, umso niedriger ist die Methanausbeute (von 340 Nl /kg oTS reine Maissilage in 2013 – 200 Nl/kg oTS reine Bohnensilage in 2013). Ob die insgesamt niedrigeren Methanausbeuten in 2014 mit der Änderung der Bohnensorte zusammenhängen, kann erst durch die Messungen in 2015 überprüft werden.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.v.) gefördert

Literatur

Nurk L., Graß R., Hubert S., Pekrun C., Wachendorf M. (2014): Mischanbau von Energiemais mit Stangenbohnen im ökologischen Landbau: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres. In: Mitt. Ges. Pflbauwiss. Bd. 26, 176-177.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 189–190 (2015)

Anbau von Energiemais in Mischkultur mit Stangenbohnen Entwicklung und Optimierung des Anbausystems – Ergebnisse vom zweiten Versuchsjahr im konventionellen Anbau

Liina Nurk[1], Rüdiger Graß[1], Sabine Hubert[2], Michael Wachendorf[1], Carola Pekrun[2]

[1]Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe; [2]Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Agrarforschung
E-Mail: *liina.nurk@uni-kassel.de*

Einleitung

Der Mischanbau von Mais und Stangenbohne soll zu einer erhöhten ökologischen Verträglichkeit des Maisanbaus und zu einem höheren Proteingehalt des Futters beitragen. Nach dem 1. Versuchsjahr mit der Bohnensorte „Neckarkönigin“ (Nurk et al., 2014) wurde im 2. Jahr die Bohnensorte gewechselt, da „Neckarkönigin“ deutlich vor der Maisernte reif wurde, die Blätter abgeworfen hatte und nur 1-5 % des Gesamtertrags ausmachte.

Material und Methoden

An den Standorten Tachenhausen (HfWU Nürtingen-Geislingen) und Grub (LfL Bayern) wurden Mais (Sorte Fernandez) und Stangenbohne *Phaseolus vulgaris* (Sorte Anellino Verde) 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 15. April ausgesät. Der erste Saattermin der Bohnen war am 22. Mai und der zweite am 4. Juni. In Grub wurde Mais am 6. Mai ausgesät. Der erste Aussaattermin der Bohnen war am 6. Juni und der zweite am 13. Juni. An beiden Orten wurden die Bestandesentwicklung, der Biomasseertrag und der Methanertrag untersucht. Zur Methanpotentialmessung wurde eine Messreihe von Mais und Bohne mit Abstufungen von 12,5 % erstellt, angefangen von 100 % Mais bis zu 100 % Bohne, Mischungen je nach Gewichtsanteil.

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 (2,8 l/ha Stomp Aqua + 1,4 l/ha Spektrum im Vorauflauf nach der Aussaat des Maises) und Variante 4 mit Herbizidstrategie 2 (Centium 36 CS 0,25 l/ha im Vorauflauf nach der Aussaat des Maises).

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund eines sehr heterogenen Saatbettes mit teils trockenen und teils feuchten Bereichen sowie z.T. krümeligem aber auch verdichtetem Boden sind die angestrebten Maiszahlen in Tachenhausen nicht ganz erreicht worden. Beim Mais waren es 6,7 und 6,4 anstatt 10 bzw. 7,5 Pflanzen pro m^2(Pfl m^{-2}). Die anvisierte Aussaatstärke 5 wurde erreicht. Die Anzahl Bohnen wurde an beiden Aussaatterminen nahezu erreicht, da mehr Bohnen wie angestrebt ausgesät und

nach dem Aufgang auf die geplante Bestandesdichte reguliert wurden. In Grub wurden bei Mais die angestrebten Pflanzenzahlen bei 5 Körner erreicht, bei 7,5 und 10 Körner wurde die angestrebte Zahl nicht erreicht, weil bei der Aussaat der Boden nicht homogen, teilweise sehr locker war und zu einem schlechten Aufgang führte. Bei den Bohnen wurden die angestrebten Zahlen fast erreicht.

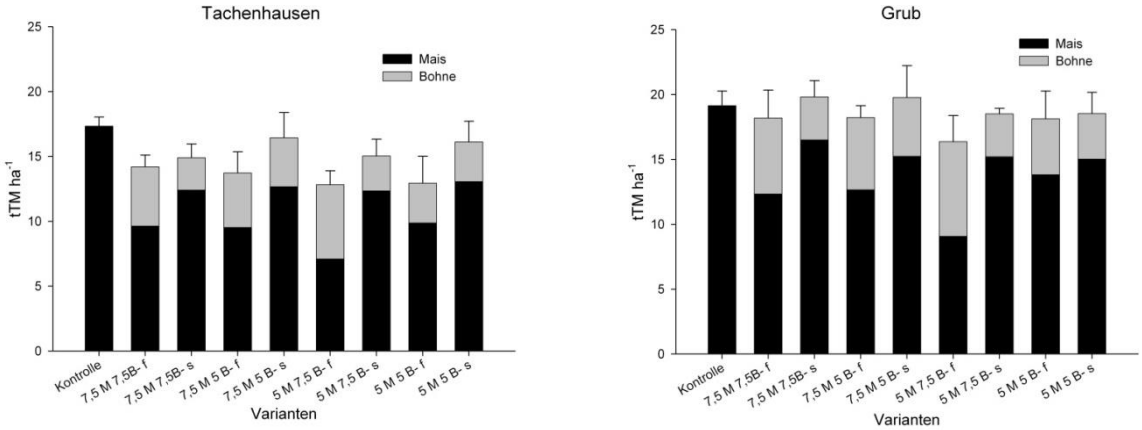


Abbildung 1: Trockenmasseertrag (t ha^{-1}) Mais-Bohne-Mischanbau an den Standorten Tachenhausen und Grub, 2.Versuchsjahr 2014.

Den höchsten Trockenmasseertrag mit 17,33 t ha^{-1} erzielte in Tachenhausen die Kontrolle, den niedrigsten Ertrag mit 12,81 t ha^{-1}die Variante mit 5 Körnern Mais und 7,5 Körnern Bohne, früh gesät. In Grub lässt sich beim Gesamtertrag erkennen, dass es keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Varianten gab (18,52 ± 0,98 t ha^{-1}). Die Bohnenanteile waren bei den früh gesäten Varianten deutlich höher, was aber nicht zu einem höheren Gesamtertrag führte, sondern einen geringeren Maisertrag bewirkte. Generell waren die Erträge der Varianten mit später Bohnensaat höher, was vermutlich wiederum mit der nochmaligen Bodenbearbeitung zwischen den Maisreihen zusammenhing. Die Bohnenanteile waren in beiden Orten mit Werten von 16-23 % (spät gesät) und 24 – 44 % (früh gesät) deutlich höher als im Jahr 2013.

Beim Unkrautversuch in Tachenhausen gab es hinsichtlich des Gesamtertrages von Mais und Bohne keinen deutlichen Unterschied (15,76 ± 0,45 t ha^{-1}). Die Varianten 2 (handbereinigt) und 4 (Herbizidstrategie 1) verzeichneten die effektivste Unkrautregulierung. Der Ertrag von Variante 5 mit der Herbizidstrategie 2 war nur geringfügig höher als der Ertrag von Variante 1 (ohne Unkrautkontrolle). Auch in Grub verzeichneten die Varianten 2 und 4 die effektivste Unkrautregulierung und zielten den höchsten Ertrag ca. 19 t ha^{-1}. Bemerkenswert ist, dass die Variante 1 (keine Unkrautkontrolle 14,96 t ha^{-1}) einen niedrigeren Unkrautdeckungsgrad hatte als die Varianten 3 (mechanische Unkrautkontrolle 13,77 t ha^{-1}) und 5 (Herbizidstrategie 2 16,13 t ha^{-1}) und einen vergleichbaren Ertrag erzielte.

Die Methanertragsmessungen zeigen den negativen Bohneneinfluss auf die Methanausbeute. Je höher der Bohnenanteil, umso niedriger ist die Methanausbeute. In Tachenhausen war die höchste Methanausbeute von 100 % Maissilage 350 l_N kg^{-1} oTS und die niedrigste von 100 % Bohnensilage 210 l_N kg^{-1} oTS. In Grub war die höchste Methanausbeute von Silage mit 12,5 % Bohnenanteil – 350 l_N kg^{-1} oTS und die niedrigste auch von reine Bohnensilage mit 180 l_N kg^{-1} oTS.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.v.) gefördert

Literatur

Nurk L., Graß R., Hubert S., Wachendorfs M., Pekrun C. (2014): Mischanbau von Mais mit Stangenbohnen - Entwicklung des Anbausystems für den konventionellen Anbau. In: Mitt. Ges. Pflbauwiss.. Bd. 26, 178-179.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 191–192 (2015)

Vergleich der Gesamtleistung von Erbse und Gerste in Rein- und Gemengesaat

Peer Urbatzka[1] und Eberhard Heiles[2]

[1]Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2]Abteilung Versuchsbetriebe, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Puch. E-Mail: *peer.urbatzka@lfl.bayern.de*

Einleitung

Im ökologischen Landbau ist der Anbau von Leguminosen die wichtigste Stickstoffquelle. Wird die Vorfruchtwirkung nicht berücksichtigt, kann die Leistung von Leguminosen im Vergleich zu Nichtleguminosen unterschätzt werden. Daher sollte zur besseren Bewertung der Gesamtleistung neben dem Ertrag der Kultur selber auch der Ertrag der Nachfrucht berücksichtigt werden. In einem Feldversuch wurde die Gesamtleistung für Erbse im Vergleich zu Gerste in Rein- und Gemengesaat geprüft.

Material und Methoden

Im Feldversuch wurde der Kornertrag von Sommererbse (cv. *Alvesta*) und Sommergerste (cv. *Eunova*) sowie der Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen (cv. *Achat*) in den Jahren 2012 und 2013 sowie 2013 und 2014 erhoben. Erbse und Gerste wurden in Reinsaat mit 80 bzw. 350 und im Gemenge mit 67 bzw. 90 keimfähigen Körnern je m² gesät. Die Saatstärke des Weizens betrug 400 keimfähige Körner je m².

Die Standorte lagen in der Nähe der Versuchsstation Puch im Ldk. Fürstenfeldbruck in Oberbayern. 2012/2013 wurde der Versuch auf einem flachgründigen Übergangsmoor und 2013/2014 auf einem flachgründigen sandigen Lehm mit je einer Ackerzahl von etwa 40 durchgeführt. Zur ersten Serie waren Kartoffel Vorfrucht und Winterweizen Vorvorfrucht, zur zweiten Serie umgekehrt.

Die Beikrautregulierung erfolgte bei Erbse und Gerste je zweimal im BBCH 10 bis 15 und bei Weizen ein- bis zweimal im Frühjahr während der Bestockung mit einem Striegel. Zusätzlich war 2013 bei den Erbsen in Reinsaat eine händische Regulierung nötig. Der Beikrautdeckungsgrad wurde 2013 visuell mit dem Göttinger Schätzrahmen erfasst.

Zur Berechnung der energetischen Gesamtleistung (Ertrag Erbse/Gerste + Ertrag Nachfrucht Weizen) wurden der Getreideeinheitenschlüssel nach Schulze Mönking und Klapp (2010) herangezogen. Versuchsanlage war eine Blockanlage (N = 4). Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.3.Die Beikrautdeckungsgrade wurden hierfür nach Sachs (1992) mit der Winkeltransformation umgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den Parametern Gesamtertrag (Erbsen- + Gerstenertrag beim Gemenge), Ertrag der Nachfrucht Weizen und Gesamtleistung lag eine signifikante Wechselwirkung zwischen Jahr und Variante vor. Im Jahr 2012 erbrachten die Erbsen im Vergleich zur Gerste die höheren Erträge, während in 2013 kein signifikanter Unterschied zwischen diesen Kulturen in Reinsaat festgestellt wurde (Tab. 1). Im Gemenge betrugen die Anteile der Erbsen am Kornertrag in 2012 74 % und in 2013 16 %. Ursache ist vermutlich eine unterschiedlich hohe Stickstoffverfügbarkeit, welche

anscheinend in 2013 höher als in 2012 ausfiel und in 2013 v. a. das Getreide förderte.

Tab. 1: Kornerträge von Erbse und Gerste in Rein- und Gemengesaat, der Nachfrucht Weizen (dt ha^{-1}) und energetische Gesamtleistung (GE)

	Gesamtertrag		**Weizenertrag**		**Gesamtleistung**	
	2012	**2013**	**2013**	**2014**	**2012_2013**	**2013_2014**
Erbse	26,9 a	25,5 b	19,1 a	29,7 ns	47,9 a	57,4 b
Erbse/Gerste	22,5 a	32,8 a	9,8 b	31,2	33,3 b	65,5 a
Gerste	11,3 b	29,7 ab	6,9 b	28,0	18,5 c	58,8 b

GE = Getreideeinheiten; verschiedene Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede (Tukey-Test, $p < 0,05$), ns = nicht signifikant

Damit einhergehend verlief auch die Beikrautentwicklung in beiden Jahren unterschiedlich. In 2012 waren alle Parzellen gleichmäßig von einer mäßigen Verunkrautung betroffen. In 2013 spiegelte sich auch die Konkurrenzfähigkeit der Varianten in den Beikrautdeckungsgraden: Anfang Juni lagen diese bei Erbsen in Reinsaat signifikant höher als beim Gemenge und bei Gerste in Reinsaat (Tab. 2).
Der Kornertrag der Nachfrucht Weizen fiel 2013 erwartungsgemäß und in Übereinstimmung zur Literatur (Schmidtke et al. 2013, Wichmann et al. 2003) nach Erbsen in Reinsaat signifikant höher als nach Gemenge und nach Gerste in Reinsaat aus (Tab. 1). In 2014 lagen aber zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede vor. Die signifikant höchste energetische Gesamtleistung wurde 2012_2013 bei der Erbse und 2013_2014 im Gemenge festgestellt (Tab. 1).

Tab. 2: Beikrautdeckungsgrade (%) von Erbse und Gerste in Rein- und Gemengesaat 2013

	Deckungsgrad
Erbse	40,9 a
Erbse/Gerste	21,9 b
Gerste	9,7 c

Bonitur am 6.6.2013; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede für transformierte Werte (Tukey-Test, $p < 0,05$)

Literatur

Sachs L. (1992): Angewandte Statistik. 7. Auflage, Springer – Verlag, Berlin

Schmidtke K., Gronle A., Böhm H., Lux G., Schmidt H. (2014): Die Vorfruchtwirkung von Leguminosen optimieren. In: Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit - Strategien für einen erfolgreichen Anbau, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hrsg.), S. 53-55; URL: http://orgprints.org/25326/

Schulze Mönking S., Klapp C. (2010): Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. URL: http://download.ble.de/06HS030.pdf

Wichmann S., Loges R., Taube F. (2003): Vergleich von Körnererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste in Hinblick auf Ertrag und Ertragsentwicklung sowie N-Fixierungsleistung, Ernterückstandsmengen und Vorfruchtwirkung. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, URL: http://orgprints.org/2182

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 193–194 (2015)

Varianzanalyse zur Untersuchung des Einflusses der Nährstoffzufuhr der Hauptnährstoffe auf den N-Entzug in einem ökologisch bewirtschafteten Gemischtbetrieb

Hendrik Sommer

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

Einleitung

Im Rahmen der Intensivierung des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof wurden für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium Nährstoffbilanzen auf unterschiedlichen Systemebenen durchgeführt. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung war, dass trotz steigender Stickstoffzufuhr auf dem Ackerland der Ertrag stagnierte (vgl. SOMMER 2010). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass einer oder mehrere andere Nährstoffe außer dem Stickstoff limitierend wirken können. Eine Varianzanalyse soll Aufschluss darüber geben, ob die Höhe der Nährstoffzufuhren von Phosphor und Kalium sowie von Stickstoff aus unterschiedlichen Quellen (N2-Fixierung und organischer Dünger) für die Ertragsstagnation verantwortlich ist.

Material und Methoden

Schlagbezogen wurden Fruchtartenanbau, Erntemengen und –qualitäten sowie die Zufuhr von wirtschaftseigenem Dünger und Mineraldünger (bei P) für den Untersuchungszeitraum von 1993-2006 erhoben und mit dem Betriebsbilanzierungsmodell REPRO zu Humus- und Nährstoffbilanzen verrechnet. Dabei wurden auch die jeweiligen Zufuhren an Stickstoff, Phosphor und Kalium – untergliedert in die verschiedenen Zufuhrarten – in kg pro ha berechnet. Mit dem Statistikprogramm SPSS 22 wurden für jeweils die Zufuhr an Gesamtstickstoff, -phosphor und –kalium sowie die Zufuhr durch N2-Stickstoff und Stickstoff aus Wirtschaftsdünger mittels One-Way-ANOVA der Einfluss auf den N-Entzug in kg pro ha überprüft. Als Nullhypothese wurde angenommen, dass die Höhe der jeweilige n Zufuhr einen Einfluss auf die Höhe des N-Entzuges ausübt ($p<0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Untersuchung konnten hohe Schwankungen beim N-Entzug und damit auch beim Ertrag beobachtet werden. Sie sind nach KOLBE und PRUTZER (2004) teilweise darauf zurückzuführen, dass im ökologischen Landbau die realisierbaren Erträge auf der Ertragskurve im linearen Bereich liegen und sich im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit der jeweiligen unterschiedlichen Nährstoffsituation entwickeln. So erschien die Annahme berechtigt, dass die einzelnen Etappen durch ihre Unterschiede in Bezug auf Viehbesatz sowie Menge und damit Art und Zeitpunkt der zur Verfügung stehenden Wirtschaftsdünger einen Einfluss auf den Ertrag gehabt haben. Allerdings konnte dieser Zusammenhang im Rahmen der vorliegenden Oneway-ANOVA nicht bestätigt werden. Angesichts der gestiegenen Düngermengen im Untersuchungszeitraum (vgl. SOMMER 2010, Tab. 3.13) sollte auch ein Anstieg des Ertragsniveaus zu erwarten gewesen sein. DREYMANN et al. (2003) konnten einen positiven Einfluss steigender Mengen organischer Dünger auf den Getreideertrag feststellen. Dagegen werden nach BAUER (1992) die Kornerträge nur

über die Düngerart, nicht aber durch die Düngermenge beeinflusst. BECKMANN et al. (2001) berichten von ähnlichen Ergebnissen. In der vorliegenden Untersuchung konnte jedoch kein signifikanter Einfluss der Höhe von N-, P- und K-Zufuhr berechnet werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung der N-, P-, K-, N2- und Stall-N-Zufuhr in Klassen sowie Ergebnisse der Oneway-Anovas inklusive vorangestellter Levene-Tests zur Überprüfung der Homogenität.

	N	P	K	N2	Stall-N	Etappen
hoch	> 120 kg	> 25 kg	> 100 kg	> 40 kg	> 75 kg	
mittel	90-120 kg	15 - 25 kg	75 - 100 kg	35 - 40 kg	50 - 75 kg	
niedrig	< 90 kg	< 15 kg	< 75 kg	< 35 kg	< 50 kg	
Levene	0,118	0,82	0,279	0,603	0,101	0,079
ANOVA	0,761	0,307	0,145	0,336	0,504	0,717

Die Frage, warum die Ertragslage trotz steigender Nährstoffzufuhren nicht gesteigert werden konnte, bleibt durch die Anwendung der Oneway-Anova unbeantwortet. Offensichtlich reicht die Betrachtung der Zufuhr alleine nicht aus, um hier eine Klärung zu schaffen. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass in den zu Grunde liegenden Bilanzierungen die Nährstoffverluste unberücksichtigt bleiben und dadurch nicht von der Zufuhr abgezogen werden. Entscheidend für die entstehenden Verlustmengen bei der Applikation sind Düngerart, -menge und -qualität, Ausbringungsart und -zeitpunkt sowie Einarbeitung der organischen Dünger (HORLACHER und MARSCHNER 1989).

Literatur

DREYMANN, S., R. LOGES und F. TAUBE (2003): Einfluss der Kleegrasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau „Ökologischer Landbau der Zukunft“, Tagungsband, BoKu Wien 2003.

BAUER, U. (1992): Einfluss unterschiedlicher Schlagvorgeschichte und Düngungsmaßnahmen auf PK-Bodenvorrat sowie PK-Entzug und Ertragsbildung von Klee-Gras und Getreide, Diss., Hohenheim.

BECKMANN, U., H. KOLBE und A. MODEL (2001): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von N-Bilanz und Effizienzkennzahlen, UFZ-Bericht Nr. 14, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle.

HORLACHER, D. und H. MARSCHNER (1989): Schätzrahmen zur Beurteilung von Ammoniak-verlusten nach Ausbringung von Rinderflüssigmist. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 153, S. 107−115.

KOLBE, H. und I. PRUTZER (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes, Bericht Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004.

SOMMER, H. (2010): Untersuchungen zur Steigerung der Produktionsintensität im ökologischen Landbau am Beispiel des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 195–196 (2015)

Die Schwefelbilanz auf dem Ackerland zur Beurteilung des Schwefelmanagements im ökologisch wirtschaftenden Gemischtbetrieb

Hendrik Sommer

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

Einleitung

Die Ursachen für eine Ertragstagnation auf ökologisch bewirtschaftetem Ackerland kann unterschiedliche Gründe haben. Ein wesentliches Hilfsmittel zur Beurteilung der Situation stellt neben der Analyse der Bodennährstoffe ihre Bilanzierung dar. Hier werden durch Gegenüberstellung von Zufuhr und Entzug Überschüsse oder Mängel der Nährstoffversorgung festgestellt. Bislang hat sich dieses Instrument bei der Beurteilung der Humus-, Stickstoff- und Phosphorversorgung bewährt, gelegentlich auch beim Kalium.

In vorliegendem Beitrag wird das Ergebnis der Überprüfung vorgestellt, ob die Schwefelbilanz zusätzliche Informationen zur ganzheitlichen Nährstoffversorgung liefern und damit eine Entscheidungsunterstützung bieten kann. Untersucht wurde die Schwefelversorgung des Lehr- und Versuchsbetriebes Gladbacherhof von 1993 bis 2006.

Material und Methoden

Die Schwefelbilanz wurde analog zu anderen Nährstoffbilanzen auf Basis von Zufuhr und Entzug berechnet. Die notwendigen Bilanzgrößen für Schwefel (S) sind einer zusammenfassenden Aufstellung der TLL (ANONYMUS, 1999), die einzelner Futtermittel WILMS (2005) entnommen. Die S-Immission auf die Fläche wird im Waldzustandsbericht des HMULV (2001) mit < 10 kg und nach WILMS mit < 6 kg je ha angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlich konnte während des Untersuchungszeitraumes ein Anstieg der Schwefelzufuhr beobachtet werden, der maßgeblich durch die Steigerung von Wirtschaftsdünger begründet ist (vgl. Tabelle 1).

Werden die ertragsbedingten Entzüge der Schwefelzufuhr durch Wirtschaftsdünger gegenübergestellt, sind die S-Salden über den gesamten Untersuchungszeitraum negativ und schließen in den beiden ersten Etappen in einer Größenordnung von -10 bzw. in der letzten Etappe in einer Größenordnung von -4 kg Schwefel ab (Tab. 3.24).

Tabelle 1: Schwefelzufuhr durch Gülle, Jauche und Festmist im Untersuchungszeitraum 1993-2006 in kg pro ha und Jahr

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gülle	0	0	0	0	0	0	0,62	0,84	0,78	0,97	2,89	6,54	5,2	6,82
Jauche	0,25	0,06	0,17	0,1	0,07	0,17	0,04	0	0	0	0	0	0	0
Festmist	0,91	0,73	1,31	0,74	1,04	0,95	1,1	1,16	1,71	1,46	0,84	0,6	0,6	1,14

Unter Berücksichtigung einer S-Deposition von durchschnittlich 6 kg und der Maßgabe, dass kein Schwefel in Form von Sulfid in das Grundwasser ausgewaschen wird und damit dem Betriebssystem verloren geht, schließen die S-Salden der beiden ersten Etappen immer noch mit -3 kg negativ ab, während die letzte Etappe leicht positiv mit 2 kg zeichnet. Die Verläufe von Zufuhr, Entzug und Saldo sind in Abbildung 1 dargestellt.

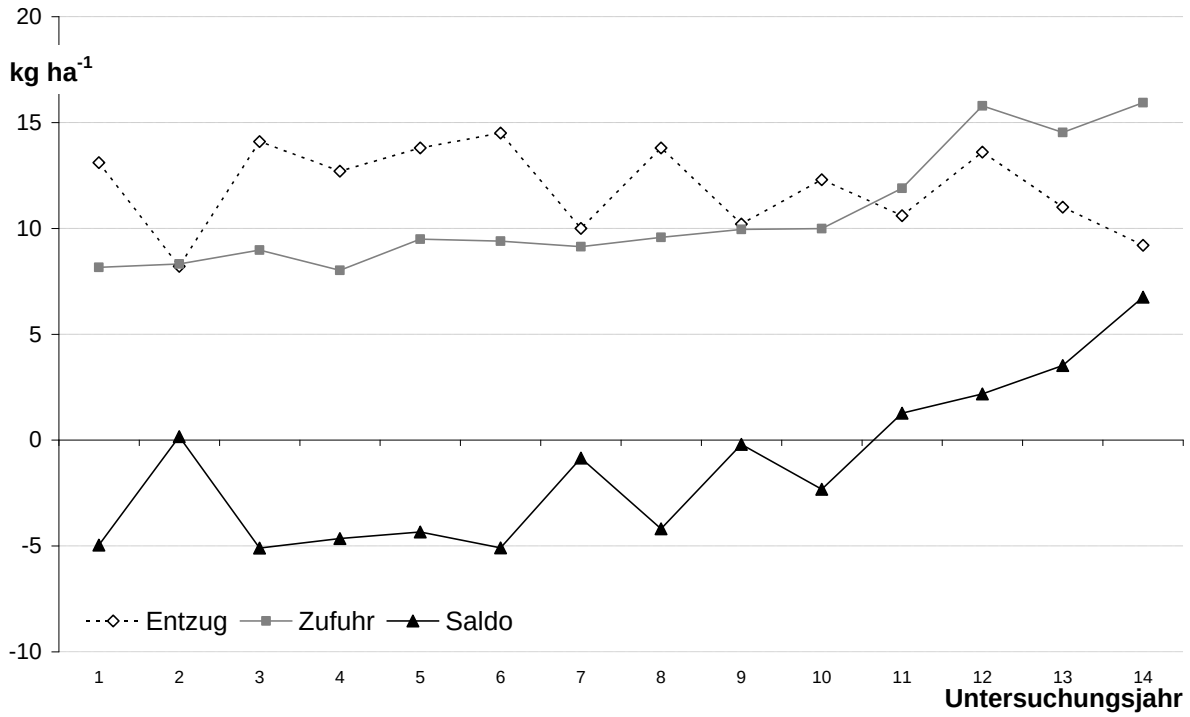


Abbildung 1: Verlauf von Entzug, Zufuhr und Saldo von Schwefel (in kg pro ha und Jahr) im Untersuchungszeitraum 1993-2006

Die Untersuchung zeigt, dass insbesondere im ökologischen Landbau die Schwefelbilanz einen wichtigen Hinweis auf die Limitierung eines Nährstoffes liefern kann.

Literatur

WILLMS, M. (2005): Landwirtschaftliche Ursachen hoher Sulfatgehalte in gefördertem Trinkwasser. Bilanzierung und Modellierung des Schwefelhaushaltes am Beispiel von zwei überwiegend landwirtschaftlich genutzten Wassereinzugsgebieten. Diss. Göttingen.

ANONYMUS [Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft] (1999): Merkblatt zum Schwefelgehalt in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

HMULV (2001): Waldzustandsbericht.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 197–198 (2015)

Determinants of cotton farmers' yield, water use efficiency and nitrogen use efficiency in arid northwestern China

Til Feike[1,2] and Ling Yee Khor[3]

[1]Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow; [2]Institute of Farm Management (410b), Universität Hohenheim, Stuttgart; [3]Institute of Agricultural Economics and Social Sciences in the Tropics and Subtropics (490a), Universität Hohenheim, Stuttgart.
E-Mail: *til.feike@jki.bund.de*

Introduction

The arid climate of the Tarim Basin in Northwestern China with abundant solar radiation offers ideal production conditions for cotton, making the region one of the world's most important cotton production bases. Covering more than 60% of total sown crop land in the region cotton constitutes the major source of agricultural incomes, while at the same time it exerts a strong negative impact on the environment (Feike et al., 2014). The increasing overuse of scarce water resources for irrigated cotton not only leads to a severe ecological degradation, but also endangers stable crop yields and farm profitability.

Material and Methods

To be able to develop solutions for the aggravating problems, it is of vital importance to evaluate farmers' actual cotton production with regard to yield formation and input use efficiency. Detailed crop production data, comprising timing and respective input amounts of each single crop management step were collected by farm household survey from 228 cotton producers in the region applying a stratified random sampling approach. Regression analysis was employed to understand, which factors determine the individual farmers' yield, water use efficiency (WUE) and nitrogen use efficiency (NUE).

Results and Discussion

The analysis revealed that applying drip irrigation technology (over the traditional flood irrigation method) has a strong positive impact on farmers' yields, while soil salinity has a negative impact on all three tested variables. The amount of applied irrigation water has a positive impact on yield and NUE, but a negative impact on WUE. The pesticide application frequency has a positive impact on WUE, while the amount of applied N has a negative impact on NUE. Furthermore a strong imbalance in phosphorus (P) and potassium (K) fertilization was identified, with P being applied excessively showing a negative impact on yield, while K is strongly undersupplied compared to cotton's potential nutrient uptakes (Rochester et al., 2012), showing a positive impact on yield. It is concluded that irrigation technique, soil salinity and imbalanced fertilization should be targeted by agricultural research and extension to support a more efficient and productive cotton cultivation and overall sustainable resource use in the study region.

Table 1. Regression results of the determinants of cotton farmers' yield, water use efficiency and nitrogen use efficiency in northwestern China.

VARIABLES	(1) Cotton yield [kg mu-1]	(2) Water Use Efficiency [m3 kg-1]	(3) Nitrogen use efficiency [kg N kg yield-1]
Total Water Amount [m3 mu-1]	0.040*	0.003***	-0.000
	(0.022)	(0.000)	(0.000)
Total Labor Demand all working steps [h mu-1]	-0.222	0.001	0.000
	(0.200)	(0.001)	(0.000)
Mineral Fertilizer Total Applied N	-0.312	0.009*	0.003***
	(0.783)	(0.005)	(0.000)
Mineral Fertilizer Total Applied P	-3.774***	0.022**	0.001**
	(1.390)	(0.009)	(0.001)
Mineral Fertilizer Total Applied K	5.434***	-0.022**	-0.001**
	(1.590)	(0.011)	(0.001)
Org Fert Total N	4.044	-0.010	0.001
	(4.631)	(0.031)	(0.002)
Org Fert Total P	-0.250	-0.042	0.002
	(43.288)	(0.289)	(0.016)
Org Fert Total K	-9.134	0.033	0.005**
	(7.106)	(0.047)	(0.003)
Pesticide application Frequency	3.294	-0.013	-0.001
	(2.775)	(0.019)	(0.001)
Weeding Herbicide Frequency	-3.895	-0.005	-0.002
	(5.094)	(0.034)	(0.002)
Coated Seed Yes (1) or No (0)	-14.330	0.024	0.002
	(13.778)	(0.092)	(0.005)
Delinted (1) or Undelinted (0) Seed	-18.454	0.193	0.014
	(34.702)	(0.232)	(0.012)
Soaking of Seeds Yes (1) or No (0)	-17.945	0.018	0.001
	(11.784)	(0.079)	(0.004)
Soil Salinity Yes (1) or No (0)	-35.391***	0.242***	0.014***
	(12.872)	(0.086)	(0.005)
Irrigation Frequency	2.580	-0.013	0.000
	(2.266)	(0.015)	(0.001)
Dummy, Drip irrigation	74.894***	-0.404***	-0.020***
	(16.504)	(0.110)	(0.006)
Constant	306.798***	-0.141	-0.013
	(47.286)	(0.316)	(0.017)
Observations	225	225	223
R-squared	0.486	0.796	0.750

Standard errors given in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

References

Feike T, Mamitimin Y, Li L, Doluschitz R (2014) Development of agricultural land and water use and its driving forces along the Aksu and Tarim River, P.R. China. Environmental Earth Sciences 73, pp. 517-531.

Rochester IJ, Constable GA, Oosterhuis DM, Errington M (2012) Nutritional requirements of cotton during flowering and fruiting. Oosterhuis DM, Cothren JT (Eds.), Flowering and Fruiting in Cotton. Number Eight, The Cotton Foundation Reference Book Series, The Cotton Foundation, Tennessee, pp. 35-50.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 199–200 (2015)

Das Phaenokopterprojekt: UAV-gestützte Beurteilung der Trocken- und Hitzetoleranz von Weizengenotypen mit begleitender Untersuchung von Wurzelmorphologie und Wasserhaushalt

Lorenz Kottmann[1], Siegfried Schittenhelm[1], Tina Langkamp[2], Martin Kraft[2], Heiko Neeland[2], Andreas Jacobi[3], Thomas Dietze[3] und Katja Matschiner[3]

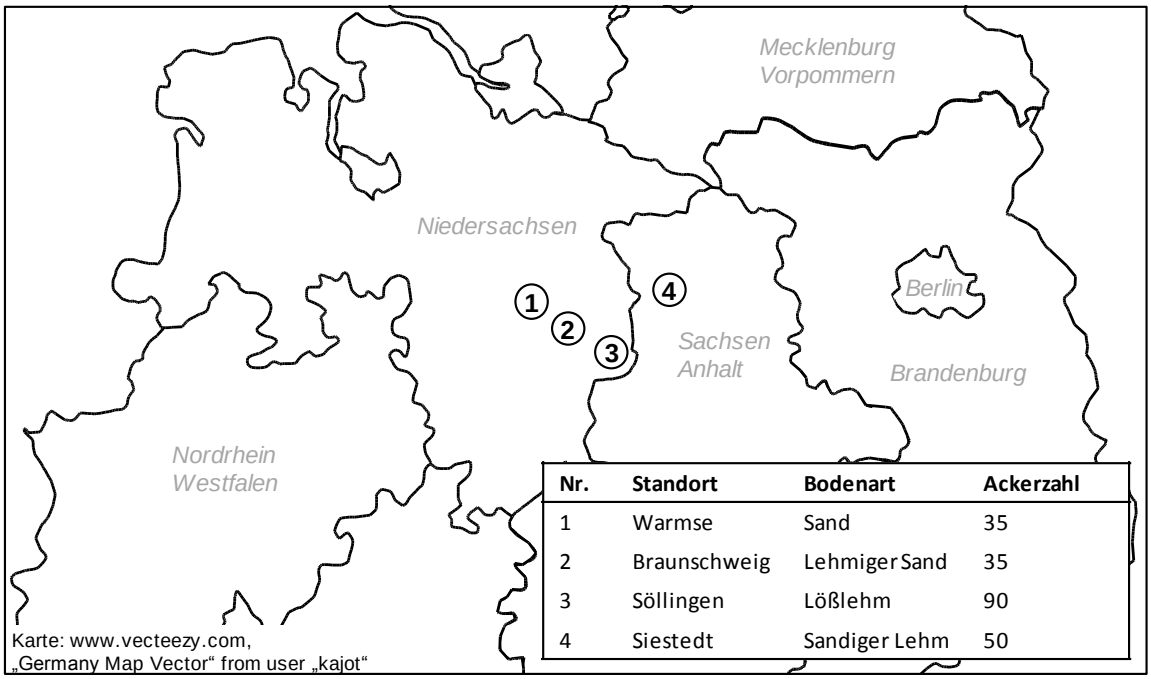
[1]Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig; [2]Thünen Institut für Agrartechnologie, Braunschweig; [3]Strube Research, Söllingen. E-Mail: *lorenz.kottmann@jki.bund.de*

Einleitung

Der Klimawandel wird die Landwirtschaft in Mitteleuropa durch eine Zunahme von Trocken- und Hitzestressereignissen vor neue Herausforderungen stellen. Der Züchtung von Weizensorten, welche an veränderte Klimabedingungen angepasst sind, kommt somit große Bedeutung zu. Im vorliegenden Projekt geht es um die Ermittlung von Selektionsmerkmalen für die Züchtung trocken- und hitzetoleranter Weizensorten, sowie um die Frage in wie fern solche Merkmale mittels eines UAV („Phaenokopter“) im Hochdurchsatz-Screening erfasst werden können. Ferner wird untersucht, ob Trocken- und Hitzetoleranz durch bestimmte Wurzeleigenschaften oder weitere Pflanzenmerkmale bedingt wird und wie man diese mit in die Selektion einbeziehen kann.

Material und Methoden

Das Projekt gliedert sich in folgende Teilvorhaben: (I) Züchterische Praxisversuche auf drei Selektionsstandorten in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt, (II) Rain-out Shelter Versuche mit definierten Trockenstressbedingungen in Braunschweig, sowie (III) Hitzestressversuche in einem Folientunnel am Standort Söllingen (Abb. 1).



Nr.	Standort	Bodenart	Ackerzahl
1	Warmse	Sand	35
2	Braunschweig	Lehmiger Sand	35
3	Söllingen	Lößlehm	90
4	Siestedt	Sandiger Lehm	50

Abbildung 1: *Standorte und Bodeneigenschaften*

An den drei Selektionstandorten mit unterschiedlicher Neigung zu Trockenstress werden 120 Weizensorten verschiedener Herkunft sowie 150 Zuchtstämme angebaut. Die Flächen werden mithilfe des Phaenokopters beflogen, welcher mit Thermo-, Farb- und Nahinfrarotkameras ausgestattet ist. An den Standorten Warmse und Söllingen erfolgen zudem Untersuchungen zur Wurzelentwicklung sowie zum Verlauf des Bodenwassergehaltes an ausgewählten Genotypen. In den Rain-out Shelter Versuchen, bei denen sich die Trockenstressbedingungen mithilfe von automatischen Sheltern unabhängig vom aktuellen Wettergeschehen einstellen lassen, wird ein Kernsortiment von 16 Weizengenotypen durch verschiedene ertragsphysiologische (u.a. Blattflächenindex, stomatäre Leitfähigkeit, Chlorophyllgehalte) und agronomische (Korn-, Stroh- und Biomasseertrag, Ertragskomponenten) Merkmale charakterisiert, sowie ebenfalls mit dem Phaenokopter beflogen. Im Teilvorhaben Hitzestress werden 32 Weizengenotypen untersucht. Hitzestress wird hier in einem Folientunnel mit temperaturgesteuerter Lüftung erzeugt, wobei eine ausreichende Wasserversorgung immer gewährleistet wird, um ausschließlich Hitzestresseffekte untersuchen zu können.

Projektziele

Das Phaenokopterprojekt hat Ende 2014 begonnen. Folgende Ziele und Fragestellungen wurden u.a. formuliert: (I) Evaluierung des Potentials bzw. der Praxistauglichkeit UAV-gestützter fernerkundlicher Messungen zur Abschätzung der Trockentoleranz von Weizengenotypen in der züchterischen Selektion, (II) die Charakterisierung der Trockentoleranz unterschiedlicher Sortentypen (u.a. Linien, Hybriden, Bestandestypen, Einzelährentypen, Kurz- und Langstrohsorten), (III) die Evaluierung des Einflusses verschiedener Wurzeleigenschaften (Wurzellänge, Wurzeltiefe, Wurzellängendichte) und weiterer Pflanzeneigenschaften auf die Trockentoleranz von Weizengenotypen, (IV) sowie die Charakterisierung der Hitzetoleranz verschiedener Sortentypen und der Zusammenhang zwischen Pflanzenmerkmalen und Hitzetoleranz.

Mit dem vorliegenden Versuchsaufbau und den verwendeten Methoden wird es sowohl möglich sein, Aussagen über den Nutzen und die Praxistauglichkeit von UAVs als Hilfsmittel in der Pflanzenzüchtung zu treffen, als auch Erkenntnisse über Trocken- und Hitzetoleranz der untersuchten Weizengenotypen zu erlangen. Dadurch kann die Züchtung von trocken- und hitzetolerantem Weizen für eine bessere Anpassung an veränderte Klimabedingungen beschleunigt werden.

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

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 201–202 (2015)

Einfluss von Trockenstress während und nach der Anthese auf die Ertragsstruktur von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Brigitte Ehrenpfordt[1], Johannes Müller[1] und Olaf Christen[2]

[1]Ertragsphysiologie der Kulturpflanzen, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle (Saale),
E-Mail: *Brigitte.Ehrenpfordt@landw.uni-halle.de*
[2]Allgemeiner Pflanzenbau / Ökologischer Landbau, Institut wie [1]

Einleitung

Der bereits spürbare globale Klimawandel wird sich nach den vorliegenden Prognosen auch in Deutschland immer deutlicher äußern (UBA 2014). Insbesondere häufiger zu erwartende extreme Wetterlagen wie Hitze- oder Dürreperioden könnten sich negativ auf die Erträge wichtiger Kulturpflanzenarten auswirken. Die in Deutschland wichtigste Feldfrucht ist der Weizen, der auch Gegenstand unserer Versuche ist. Ziel ist es, Vorhersagen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsbildung von Winterweizen treffen zu können. Im Folgenden werden erste Ergebnisse aus Klimakammerexperimenten zur Wirkung von Trockenstress vorgestellt.

Material und Methoden

In Klimakammern wurde Winterweizen der Sorte Batis in Töpfen aufgezogen. Nach dem Keimen wurde auf sechs Pflanzen pro Topf vereinzelt und sieben Wochen vernalisiert. Im Anschluss wurde täglich auf 60% bis 70% der Wasserkapazität gegossen. Die Trockenbehandlung wurde für zwei Wachstumsphasen getestet: Während der Anthese (in drei Versuchen), d.h. etwa von BBCH 43 bis BBCH 69, und unmittelbar nach der Anthese (in zwei Versuchen), d.h. etwa von BBCH 69 bis BBCH 77. Diese Behandlung umfasste zehn Tage, wobei in den ersten fünf Tagen die Wasserzufuhr auf 30% der Wasserkapazität gesenkt und anschließend fünf Tage lang auf diesem Niveau gehalten wurde. Die Bestimmung der Entwicklungsstadien wurde an den Haupttrieben vorgenommen, sodass der Zeitraum der Stresswirkung in Bezug auf die Blühphase und die unterschiedlichen Wirkungen der beiden Stressphasen auf die Ertragsstruktur vorrangig für die Haupttriebe gilt. Jede Behandlungsgruppe umfasste drei Pflanztöpfe, deren oberirdische Pflanzenteile zur Reife geerntet wurden. Drei repräsentative Ähren der Haupttriebe pro Topf wurden analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenstressbehandlungen führten im Vergleich zur Kontrollgruppe generell zu einer Verminderung der oberirdischen Trockenmasse der Pflanzen um 8% bis 23% (Abb. 1 links). Die Haupttriebe zeigten einen Trockenmasseverlust von 11% bis 18% und eine im Vergleich dazu stärkere Reduktion des Kornertrages von 14% bis 34% (Abb. 1 Mitte und rechts). Anthesebehandlung und Nachanthesebehandlung ergaben über alle Versuche gemittelt einen gleich großen Rückgang der oberirdischen Trockenmasse von 16%. Die Nachanthesebehandlung führte allerdings zu einer etwas stärkeren Reduzierung der Trockenmasse der Haupttriebe (16%) als die Anthesebehandlung (12%). Noch deutlicher waren die Unterschiede in den Kornertragsverlusten der Haupttriebe mit 33% gegenüber 21%.

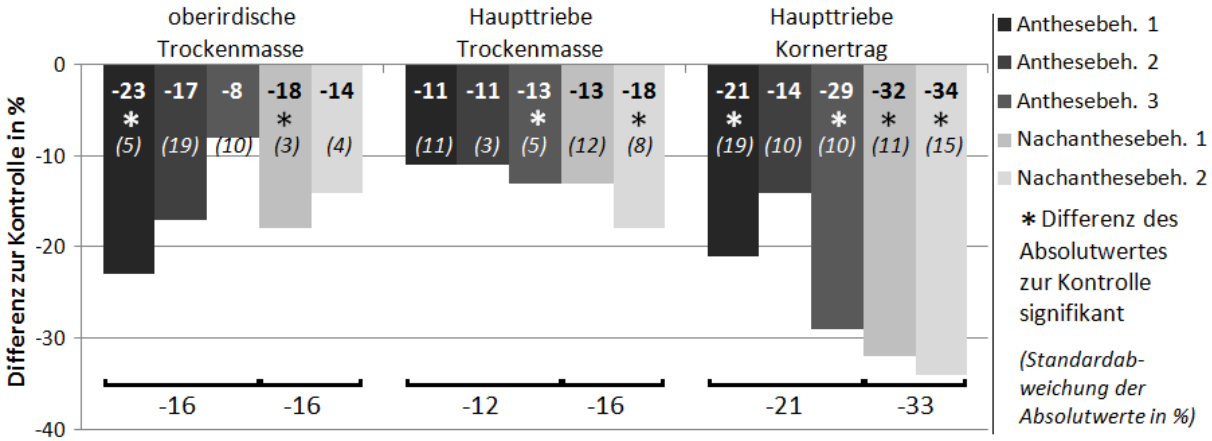


Abb. 1: Wirkungen der Trockenstressbehandlungen auf oberirdische Trockenmasse sowie Trockenmasse und Kornertrag der Haupttriebe relativ zur Kontrollgruppe.

Der Ertragsverlust einer Ähre setzt sich zusammen aus der Reduzierung der Kornanzahl einerseits und der Verminderung der Masse der einzelnen Körner andererseits. Trockenstress während der Anthese bewirkte vor allem eine Reduktion der Kornanzahl (20%) bei kaum vorhandenem Einfluss auf die Einzelkornmasse (-2%), Trockenstress nach der Anthese führte hingegen zu einer deutlichen Reduktion der Einzelkornmasse (27%) bei nur geringfügigem Rückgang der Kornanzahl (8%) (Abb. 2). Es zeigte sich damit erwartungsgemäß, dass Trockenstress während der Anthese vor allem die Kornanzahl pro Ähre, also die Fertilität, und Trockenstress nach der Anthese primär die Kornfüllung negativ beeinflusst.

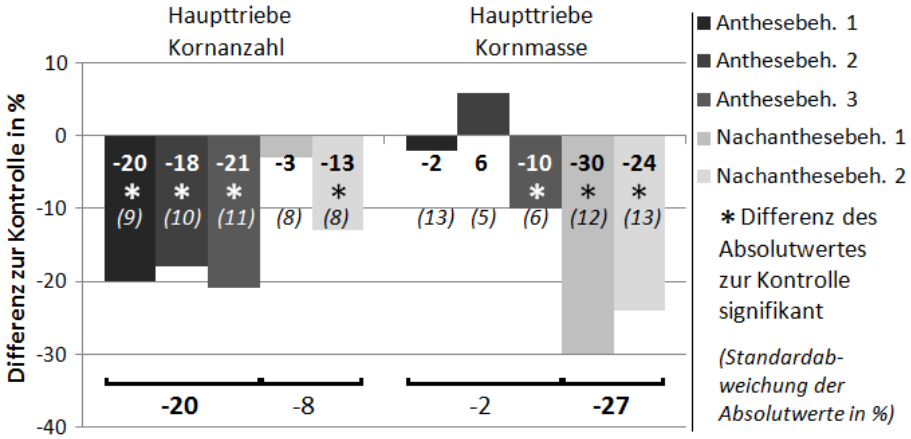


Abb. 2: Wirkungen der Trockenstressbehandlungen auf Kornmasse und Kornanzahl der Haupttriebe relativ zur Kontrollgruppe.

Die Trockenstresseffekte fielen bei den Bestockungstrieben variabler aus. Es zeigte sich eine Reduktion der Ährenmasse von durchschnittlich 40% (Anthesebehandlung) bzw. 28% (Nachanthesebehandlung), die auf eine Beeinträchtigung der Kornerträge der Bestockungstriebe in ähnlicher Größenordnung hindeutet.
Mit den vorliegenden Ergebnissen können die Kenntnisse zu den Auswirkungen von Trockenstress auf die Ertragsbildung von Winterweizen weiter präzisiert werden.

Literatur

Umweltbundesamt 2014, http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/zu-erwartende-klimaaenderungen-bis-2100 (01.07.2015)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 203–204 (2015)

Charakterisierung der physiologischen Diversität von Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen (*Hordeum vulgare* L.)

C. Dolch, H. Stützel

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität - Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover
E-Mail: *dolch@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Trockenheit und Wassermangel sind bereits heute die größten ertragslimitierenden Faktoren in südlichen Ländern der Erde (Forster et al., 2004) und durch die erwartete Klimaerwärmung würde Trockenstress auch in weiteren Regionen der Erde zunehmen (Umweltbundesamt, o. A.). Forschung und Züchtung suchen daher nach Genen, welche als Grundlagen genutzt werden können, um die Trockentoleranz von zukünftigen Nutzpflanzen zu erhöhen (Honsdorf et al., 2014).

Im Jahr 2012 wurde an der Leibniz Universität Hannover ein mehrjähriges Projekt zur Charakterisierung der physiologischen Diversität von Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen begonnen. Gerste gilt als die trockentoleranteste kleinsamige Getreideart (Forster et al., 2004). Ziel des Projekts ist die Erstellung und Analyse unterschiedlich detaillierter genetisch basierter Modellansätze zur Quantifizierung der Trockenstressreaktion von Sommergersten. Hierzu wurden zunächst die physiologischen sowie morphogenetischen Reaktionen von Sommergersten auf knappe Wasserversorgung quantifiziert und physiologische Beziehungen ihrer Ertragsbildung unter dem Einfluss von Trockenstress in der vegetativen und generativen Phase ermittelt.

Material und Methoden

Das Experiment besteht aus mehreren Gefäßversuchen, welche in den Jahren 2012, 2013 und 2014 in einer Vegetationshalle durchgeführt wurden. Die einzelnen Versuche dienen als zeitliche Wiederholung. Zwei der insgesamt 5 Versuche wurden in der generativen Phase der Pflanzen durchgeführt, die restlichen Versuche in der vegetativen Phase. Für jeden Gefäßversuch wurden 200 diverse Sommergerste-Genotypen aus der „Barley Core Collection“ (Bothmer et al., 2004) verwendet, welche in einem bestandesähnlichen split-plot-Design als zweifaktorieller Versuch (Bewässerungsstufe und Genotyp) aufgebaut wurden. Es gibt zwei Bewässerungsstufen, die regelmäßig bewässerte Kontrolle und die trockengestresste Variante. Jeder Genotyp ist sowohl in der Kontrolle als auch im Stress einmal vertreten.

Die Transpirationsverluste der Pflanzen der Kontroll-Variante wurden regelmäßig durch Bewässerung ausgeglichen. Die Bewässerung der Pflanzen der Stress-Variante wurde hingegen ab einem bestimmten Stadium eingestellt (vegetativ: Stressbeginn ab Bestockung; generativ: ab Ährenschieben). Durch regelmäßiges Wiegen der Gefäße wurde die Transpiration der Pflanzen und die aktuelle Fraktion des transpirierbarem Bodenwassers (FTSW) ermittelt. Der Stress endete, wenn der Wasserverbrauch der gestressten Pflanze nur noch 10 % des Wasserverbrauchs ihrer entsprechenden Kontrollpflanze betrug (relative Transpiration: 10 %).

Über eine Stressperiode wurden regelmäßige Messungen an den Pflanzen vorgenommen: Wöchentlich wurde mit einem Porometer die stomatäre Leitfähigkeit und mit einer Scholanderbombe das Blattwasserpotenzial des jüngsten Blattes ermittelt. Vor dem Erreichen der Seneszens wurden an Blattproben mithilfe eines Psyprometers die osmotischen Anpassung bestimmt. Am Ende der Stressphase wurde die Trockenmasse verschiedener Sprossorgane sowie Anzahl und Länge von Blättern und Trieben erfasst. In einer anschließenden Bewässerungsphase wurde außerdem die Regenerationsfähigkeit der Genotypen untersucht.

Um die Ergebnisse der verschiedenen Versuche vergleichbar zu machen, wird bei der Auswertung mit relativen Werten, d. h. der absolute Wert von Stress zum absoluten Wert ihrer jeweiligen Kontrolle (Stress / Kontrolle) gearbeitet. Die relativen Werte der Transpiration, der stomatären Leitfähigkeit und des Blattwasserpotenzials werden mit der FTSW und auch untereinander in Beziehung gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Es können für viele der 200 Genotypen eindeutige physiologische Beziehungen der verschiedenen Merkmale zueinander festgestellt werden. So kann u. a. mit abnehmendem relativem Blattwasserpotenzial ein Anstieg der relativen stomatären Leitfähigkeit beobachtet werden. Das relative Blattwasserpotenzial steigt mit sinkendem FTSW exponentiell an, während bei der stomatären Leitfähigkeit ein Absinken zu beobachten ist. Ein Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen wurde bereits in vorherigen Studien beschrieben (Jarvis, 1976). Die Ergebnisse zeigen zudem, dass verschiedene Genotypen unterschiedlich stark auf den initiierten Trockenstress reagieren. So sind neben Unterschieden in den Parametern der genannten physiologischen Beziehungen auch Unterschiede in der osmotischen Anpassung und der Trockenmassebildung feststellbar.

Literatur

Bothmer, R. v., H. Knüpffer & K. Sato (2004): International Barley Core Collection Status Report. International Barley Genetics Symposium. Online verfügbar unter: http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn/34/BCC.htm (Stand 04.07.2014)

Forster, B.P., R.P. Ellis, J. Moir, V. Talame, M.C. Sanguineti, R. Tuberosa, D. This, B. Teulat-Merah, I. Ahmed, S.A.E.E. Mariy, H. Bahri, M. El. Ouahabi, N. Zoumarou-Wallis, M. El-Fellah & M. Ben Salem (2004): Genotype and phenotype associations with drought tolerance in barley tested in North Africa. Ann. appl. Biol., 144: 157-168.

Honsdorf, N., T.J. March, B. Berger, M. Tester & K. Pillen (2014): High-Throughput Phenotyping to Detect Drought Tolerance QTL in Wild Barley Introgression Lines. PLoS ONE 9 (Issue 5), 1-13.

Jarvis, P.G. (1976): The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1976 (273), S. 593–610.

Umweltbundesamt (o.A.): Folgen des Klimawandels. http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels (Stand 27.06.2014)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 205–206 (2015)

Optimal nitrogen partitioning in the cucumber canopy

Yi-Chen Pao, Tsu-Wei Chen and Hartmut Stützel

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University Hanover, Hanover.
E-Mail: *pao@gem.uni-hannover.de*

Introduction

Light intensity varies considerably from top to bottom in the canopy as influenced by canopy architecture. In response to this within-canopy variability of light, the allocation of limiting resources, nitrogen (*N*), is continuously modified by plants to achieve efficient capture and utilization of light. The partitioning of N components corresponding to various photosynthetic functions influences light capture, maximum carboxylation rate (V_{cmax}) and maximum electron transport rate (J_{max}), which in turn determine the rate-limiting step in the photosynthetic machinery. Theoretically, a canopy partitions the photosynthetic *N* optimally when canopy photosynthesis is maximal and *vice versa*. The objective of this work is to theoretically identify the optimal photosynthetic *N* partitioning (*PNP*) pattern of leaves in the canopy, which is dependent on local daily photon irradiance (*DPI*, mol m^{-2} d^{-1}). This was achieved by comparing the measured *PNP* in cucumber leaves (empirical *N* partitioning, *ENP*) grown under various light conditions and the theoretical optimal *PNP* (*TNP*) proposed by Buckley *et al*. (2013).

Materials and Methods

Cucumber cultivar ‘Aramon’ was grown hydroponically in the growth chamber. For determining *ENP*, 24 leaves, which were positioned perpendicularly to constant light intensities ranging from 5 to 40 *DPI* during their developmental stage, were measured. The *PNP* of these leaves was determined based on Buckley *et al*. (2013) with only one modification in the value of specific activity of cytochrome *f* (Niinemets and Tenhunen, 1997). This yields the sum of *PNP* fractions close to 1 when calculating *ENP*. Fractions in carboxylation (f_v) and electron transport (f_j) were calculated respectively from V_{cmax} and J_{max} estimated from gas exchange measurements, and the fraction in light capture (f_c) was calculated by leaf chlorophyll concentration.

To test the optimal *PNP* pattern in a cucumber canopy, a multi-layer model representing a cucumber canopy with 25 layers was constructed to simulate daily canopy photosynthesis (*DCP*). Each layer is different in leaf area (*LA*), specific leaf area (*SLA*), local light intensity (*LL*), *N* concentration (*NC*) and *PNP*, which was used to determined the photosynthetic parameters. *LA*, *SLA* and *NC* were determined empirically by a greenhouse experiment. *PNP* was determined by *LL* simulated using Lambert-Beer law. The diurnal pattern of photon irradiance above the canopy was simulated by a simple cosine bell function.

Using this model, the dependencies of cucumber *DCP* on *DPI* above the canopy (5-50 mol m^{-2} d^{-1}) were simulated and compared between *ENP* and *TNP* and several different optimal *PNP* patterns. These optimal *PNP* patterns were derived from *ENP* and *TNP* by changing the parameters by which maximum *DCP* under various *DPI* was obtained.

Results and Discussion

DCP of the canopy with *TNP* was higher than *ENP* only under low *DPI*. When *DPI* above the canopy was higher than 15 mol m^{-2} d^{-} *ENP* yielded higher *DCP* than *TNP*. This suggested that developmental acclimation of the N partitioning to light intensity in cucumber cultivar 'Aramon' is very close to the optimum. In both *ENP* and *TNP*, f_v and f_j increase, whereas f_c decreases with increasing *DPI*. The dependency of f_c on *DPI* is similar between the two *PNP*. The main differences between *ENP* and *TNP* were f_v and f_j. f_v of *ENP* was higher and f_j of *ENP* was lower than those of *TNP* throughout the whole range of *DPI*. This suggested that there might be over-investment of *N* in carboxylation and under-investment in electron transport in cucumber leaves. Moreover, increasing the responsiveness of f_j to light might also lead to higher *DCP* since f_j is comparatively low in *ENP*.

Even though *ENP* was found to be close to the optimal state, 20%-30% higher *DCP* can still be theoretically obtained under 20-50 mol m^{-2} d^{-1} *DPI* by varying the parameters describing the *ENP* pattern. This suggested that there might still be room for *PNP* improvement in cucumber leaves. Generally, higher f_v and lower f_j are favored under high light condition. On the other hand, under low light, f_v should be as low as possible, while f_c should increase to capture more light, resulting in the slight decrease in f_j under low light condition.

To optimize *PNP* for maximizing cucumber canopy photosynthesis, *PNP* derived from *ENP* under 20 and 30 mol m^{-2} d^{-1} *DPI* (referred to as EI(20) and EI(30), respectively) were selected as the possible directions to *N* partitioning improvement since these two patterns yielded higher *DCP* than *ENP* under the whole range of modeled *DPI*. Furthermore, *DPI* in greenhouse cucumber production generally falls in these light regimes. EI(30) yielded up to 7% higher *DCP* than EI(20) above 24 mol m^{-2} d^{-1} *DPI*, below which EI(20) yielded up to 5% higher *DCP* then EI(30). Therefore, it might be reasonable to presume that, canopy with EI(20) is favorable during seasons with low light conditions, while canopy with EI(30) might perform better under high light seasons. By comparing EI(20) and EI(30) to *ENP*, f_j was found to be increased 15%-20%, f_v to be reduced 20% under low *DPI*, and f_c to be reduced 15% under high *DPI*. However, since all the parameters were allowed to vary between 0 and two-fold of the original values without additional constraints to obtain EI(20) and EI(30), some combinations of parameters might not be biologically achievable. Also, the effect of light acclimation which takes place during canopy development and self-shading was not taken into account in *ENP*. Further investigations are needed in (1) genotypic variability in *PNP* pattern to identify the cultivars suitable for specific light conditions (2) the ability of *N* reallocation in cucumber leaves during light acclimation process to reveal the plasticity in *N* partitioning during post-developmental stages.

Literature

Buckley T.N., Cescatti A. & Farquhar G.D. (2013) What does optimization theory actually predict about crown profiles of photosynthetic capacity when models incorporate greater realism? *Plant, Cell & Environment* 36, 1547-1563.

Niinemets Ü. & Tenhunen J.D. (1997) A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along light gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. *Plant, Cell & Environment* 20, 845-866.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 207–208 (2015)

A dynamic model of sodium accumulation in cucumber leaves

Dany Moualeu, Tsu-Wei Chen, Hartmut Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover. E-Mail: *moualeu@gem.uni-hannover.de*

Introduction

Soil salinity represents an increasing threat to agricultural production. In fact, high sodium (Na^+) concentrations in soils are toxic to the most of higher plants (Horie and Schroeder, 2004). Under salinity, sodium ions are taken up and accumulated in leaves. High sodium concentrations in leaves disturb their physiological functions. The detrimental effects of high salinity on plants can be observed at the whole-plant level as the death of plants and/or decreases in productivity (Zhang and Blumwald, 2001). To complement field studies, mathematical models can be used as tools for studying the underlying processes of the crop system.

In this work, a mathematical model to describe sodium inflow and accumulation in cucumber leaves is developed. The model includes effect of climatic conditions on water content in the mesophyll, stomata dynamics, evapotranspiration dynamics and sodium concentration dynamics in the mesophyll. Climatic data of sunny and cloudy days are used for the model validation.

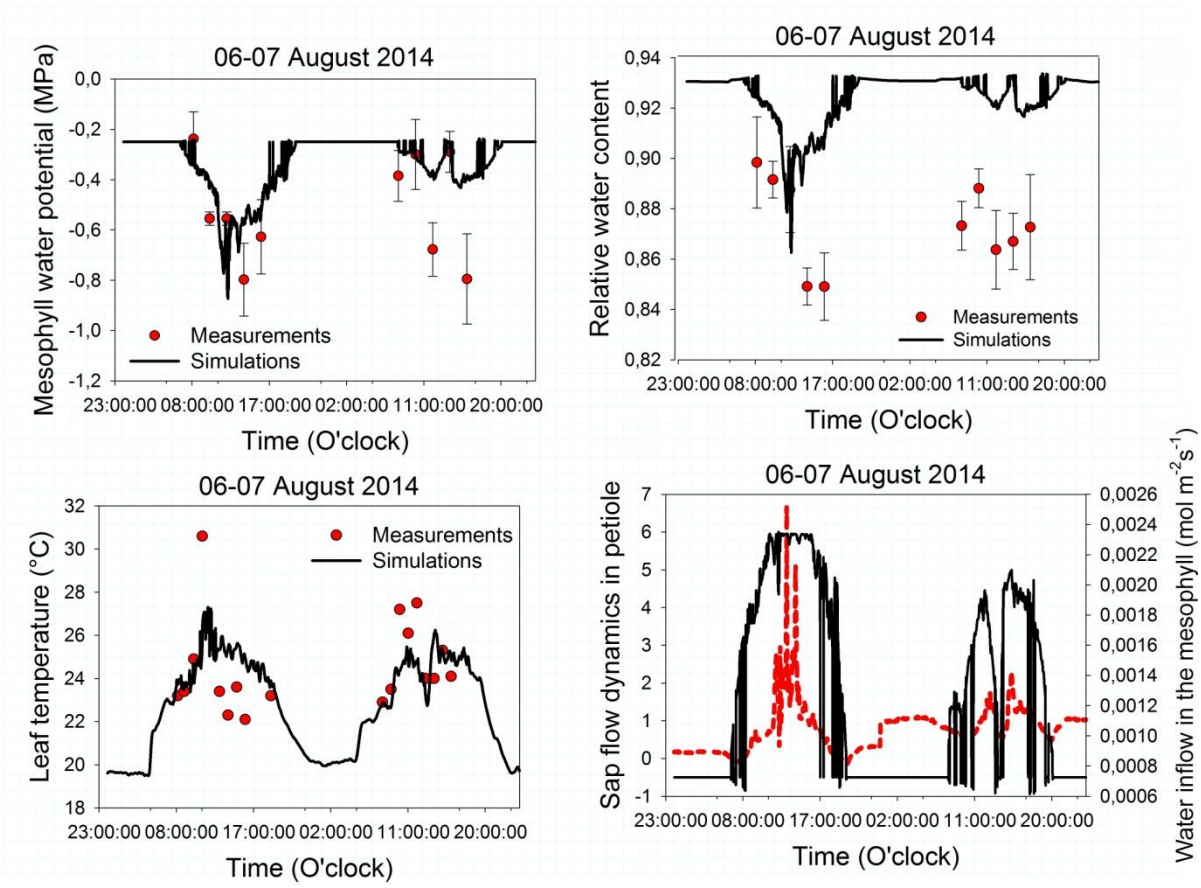
Materials and Methods

Cucumber seeds (*Cucumis sativus*,'Aramon' Rijk Zwaan, De Lier, the Netherlands) were sown in rock-wool cubes (36 mm x 36 mm x 40 mm) in the greenhouse of the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Germany (52.5°N, 9.7°E) in summer 2014. The experimental set-up was similar to the experiment described by Kahlen and Stützel (2007). For measuring the dynamics of sapflow into the leaves (water flux through petiole), mini heat field deformation sensors (HFD, Hanssens et al. 2013) were installed on mature leaves of control and stressed plants from 29 to 31 July 2014 for model analysis and plants in another greenhouse from 05 to 07 August 2014 for the model validation. The local light intensities were measured with PAR sensors (LI-190, LI-COR, Lincoln, USA) positioned directly beside the leaves installed with HFD. Light intensity and sapflow were recorded every minute. Temperature and relative humidity data of the greenhouse was continuously log every twelve minutes. Leaf temperature was measured by a thermal camera (FLIR E60) per hour, and leaf water potential were measured every two hours.

Result and discussion

The model mimicked the dynamics of stomatal behavior, water potential in the mesophyll, and water inflow in the mesophyll. For example, simulated water inflow fitted with the sapflow dynamics of the leaves. The sodium concentration in the mesophyll decreased during the night due to the increase in mesophyll water content, and increased during the day due to the effect of evapotranspiration and the decrease in the water content in the mesophyll. A good agreement was found between predicted and simulated leaf temperature and. An asymptotic assessment of the model allows us to conclude that under certain climatic conditions, the sodium

concentration in the mesophyll may rich the toxicity level for the leaf, that lead to leaf disturbance of leaf physiological functions. A small delay has also been observed between light intensity, stomatal conductance and water inflow to the mesophyll. This may be due to the delay of stomatal reaction to light and diffusion time of water in the mesophyll. Under high light condition, the amount of sodium that accumulate to be higher than under low light.



Literatur

Horie, T. and Schroeder, J. I. (2004). Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions. Plant Physiology, 136(1):2457-2462.

Zhang, H.-X. and Blumwald, E. (2001). Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. Nature biotechnology, 19(8):765- 768.

Hanssens Hanssens J.,De Swaef T., Nadezhdina N. & Steppe K. (2013) Measurement of sap flow dynamics through the tomato peduncle using a non-invasive sensor based on the heat field deformation method. *Acta Horticulturae* 991, 409-416

Kahlen K, Stützel H. (2007). Estimation of geometric attributes and masses of individual cucumber organs using three-dimensional digitizing and allometric relationships. Journal of the American Society for Horticultural Science 132: 439-446.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 209–210 (2015)

The effect of the individual leaf adaptation on the total productivity of cucumber canopy

Wasseem Suleiman, Hartmut Stützel

Introduction

Light has great influence on the photosynthetic productivity of greenhouse crops such as cucumber and tomato. Different canopy structures lead to different light distribution in the canopy, consequently different light environments on various leaves, which lead to change in their morphological and physiological properties. Sunlit leaves are thicker and contain more chlorophyll and consequently higher photosynthetic capacity compared to shaded leaves or that grown under low light environments, which tend to extend their foliar area as an adaptation to the environment.

Hypotheses

- Leaves show morphological and physiological adaptations to the light intensity on different leaves.

- Plant canopy that provides more homogeneous and gradual decrease in light intensity from the top to the ground results in higher photosynthesis per plant compared to plant canopy, in which light decreases severely from the top to the bottom.

Material and Methods

Three training systems were grown in the greenhouses of the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover. Theses three training systems provided different light condition above different leaf ranks and also different light distribution in the canopy:

- Conventional training system: plants were grown vertically and all lateral shoots were removed, at a density of 1. 125 plant m^{-2}
- Umbrella training system: plants were grown vertically till leaf number 20, where the main shoot was topped and two lateral shoots were grown downward opposite each other at a density of 0.88 plant m^{-2}.
- Y-shape training system: plants were grown vertically till leaf number 20, where the main shoot was topped and two lateral shoots were grown upward opposite each other at a density of 0.88 plant m^{-2}.

Leaves belong to different leaf ranks and grown under different light condition were used to measure the photosynthetic irradiance-response curve using LI-COR 6400 and later leaf area, leaf fresh weight, and leaf dry weight were measured for these leaves. At the end of the experiment, leaf area of all leaves and as well as the dry weight of all leaves were measured.

Results

As it is hypothesized, leaves showed a clear acclimation to the light condition despite the leaf rank. Thus in Conventional and Y-shape training systems, leaf mass per area values (LMA) increased along with leaf rank from the bottom to the top of the canopy, whereas in Umbrella training system, leaves of rank from 22-30, grown under severely shaded conditions, showed very low LMA values, as an acclimatization to the low light condition.

Photosynthesis of the whole plant were higher in conventional training system, where light decreased gradually in depth of the canopy, compared to umbrella training system, in which more leaves were completely exposed to light but as well more leaves were severely shaded.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 211–212 (2015)

Überprüfung der Hemmung der Nitrat-Assimilation durch CO_2-Anreicherung unter Freilandbedingungen

Markus Dier, Remy Manderscheid, Martin Erbs und Hans-Joachim Weigel

Thünen Institut für Biodiversität, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig. *markus.dier@ti.bund.de*

Einleitung

Der Anstieg der CO_2-Konzentration [CO_2] führt bei C_3-Nutzpflanzen zu einer Abnahme der N-Konzentration im grünen Blatt und Korn. In den letzten Jahren konnte in einer Reihe von Klimakammerversuchen gezeigt werden, dass eine Hemmung der Nitrat (NO_3^-) Assimilation im Blatt durch erhöhte [CO_2] (e[CO_2]) eine wichtige Ursache dafür sein könnte (Bloom et al. 2010, Bloom et al. 2012). Da dieser Effekt hauptsächlich bei Laborversuchen beobachtet wurde, bedarf es dringend einer Überprüfung bei praxisüblichen Bedingungen.

In diesem Jahr wird im Rahmen eines FACE Versuchs überprüft, ob bei Winterweizen bei e[CO_2] eine höhere Produktqualität bei 70-80%iger Ammonium (NH_4^+) Ernährung im Gegensatz zur NO_3^- Ernährung erzielt werden kann. Bei NH_4^+ betonter Ernährung wird N hauptsächlich in der Wurzel assimiliert und eine Hemmung der NO_3^- Assimilation im Blatt durch e[CO_2] müsste deshalb bei dieser einen weitaus geringeren negativen Einfluss auf die N-Aneignung haben. Dieser Beitrag zeigt, dass wir, eine NH_4^+ betonte Ernährung mit dem stabilisierten Harnstoffdünger Alzon M+ etablieren konnten. Deshalb ist es uns möglich den Effekt einer e[CO_2] auf Wachstum und Produktqualität bei NH_4^+ und NO_3^- betonter Düngung zu vergleichen.

Material und Methoden

Winterweizen (Sorte Batis) wird auf einem Versuchsfeld auf dem Thünen-Institut mithilfe der FACE-Technik bei zwei [CO_2] (390 ppm, 600 ppm) und zwei N-Düngevarianten (NO_3^- und NH_4^+ betont) angebaut. Bei drei Versuchsringen (Durchmesser 20 m) wird die [CO_2] von 600 ppm durch ein Pfeifensystem eingestellt, bei den drei anderen erfolgt keine CO_2 Behandlung. Die NO_3^- betonte Düngung erfolgt mit Kalkammonsalpeter (13.5% NO_3^--N, 13.5% NH_4^+-N) und die NH_4^+ betonte Düngung erfolgt mit dem Harnstoffdünger Alzon M+ (46.5% N), der mit Nitrifikationshemmer (1,4% Dicyandiamid + Triazol) versetzt ist. Die gesamte Düngemenge beträgt 200 kg/ha und wurde an vier Terminen (18.3, 28.4, 11.5, 11.6) als Feststoff von Hand ausgebracht. Um Nitrifizierung verstärkt zu inhibieren, wird bei Bedarf zusätzlich Nitrifikationshemmer (5% Triazol + Methylpyrazol) verwendet. Die Versuchsparzellen werden bei Bedarf bewässert, sodass die nutzbare Feldkapazität von 60% nicht unterschritten wird.

Ab der ersten Düngung werden wöchentlich Bodenproben aus der Bodenschicht 0-30 cm (6 Einstiche) entnommen, mit $CaCl_2$ (0.01N) und KCl (2M) extrahiert und NO_3^--N sowie NH_4^+-N der Bodenextrakte bestimmt. Die Messung des grünen Flächenindex erfolgt mit dem Gerät SunScan von Delta T Devices.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt, dass es möglich war mit Alzon M+ den NO_3^- Gehalt im Boden zu kontrollieren. Abgesehen von dem Anstieg am 22.4 war der NO_3^- Gehalt bei jeder Probennahme bei Alzon M+ niedriger als bei Kalkammonsalpeter (KAS). Mit

zusätzlichem Nitrifizierungshemmer konnte dem NO_3^- Anstieg am 22.4 entgegengewirkt werden. Der Anstieg des NO_3^- Gehalts im Boden könnte durch Auswaschen des Nitrifizierungshemmstoffes durch Starkregen Ende März/ Anfang April erklärt werden.
Der Vergleich der Werte des grünen Flächenindex zeigt (Abb.2), dass sowohl bei vorherrschender als auch bei erhöhter [CO_2] das Pflanzenwachstum bei der NO_3^- betonten Düngung höher war als bei der NH_4^+ betonten Variante. Jedoch bleibt abzuwarten, ob die Korn N Konzentration und der Korn N Ertrag bei e[CO_2], wie von Bloom et al. postuliert, bei der NH_4^+ betonten Ernährung höher sind als bei der NO_3^- betonten Variante.

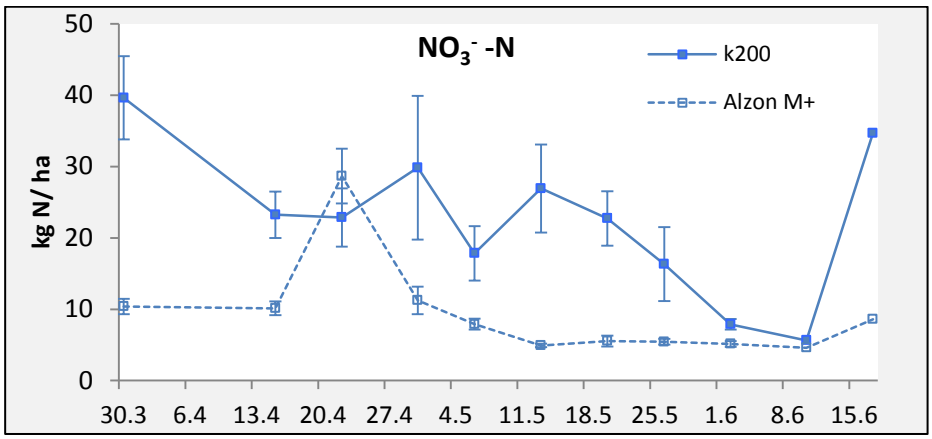


Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf der NO_3^--N Konzentration im Boden für die KAS (k200) und Alzon M+ Düngevariante von Mitte März bis Ende Juni. (Symbole Mittelwert aus n=6; Balken: Standardfehler)

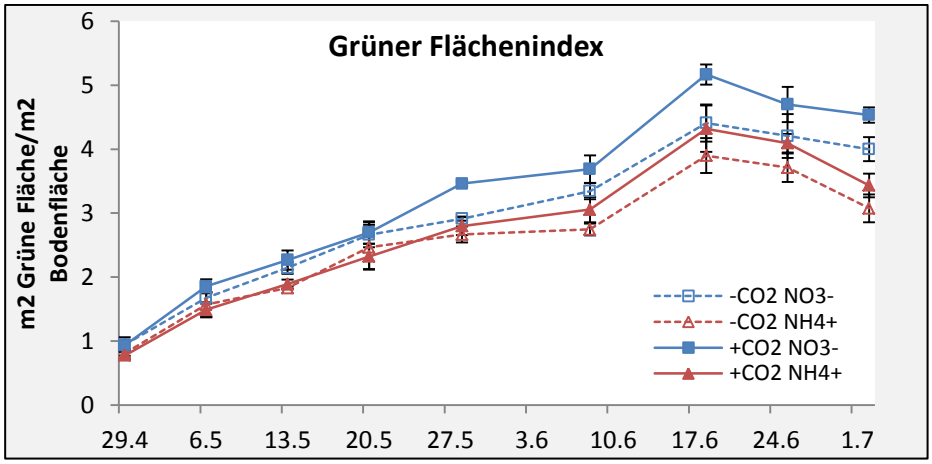


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf des grünen Flächenindex bei NO_3^- und NH_4^+ betonter Düngung bei vorherrschender [CO_2] (-CO2) und e[CO_2] (+CO2) von Ende April bis Anfang Juli. (Symbole Mittelwert aus n=3; Balken: Standardfehler).

Literatur

Bloom A.J., Burger M. Rubio Asensio J.S and Cousins A.B. (2010) Carbon Dioxide Enrichment Inhibits Nitrate Assimilation in Wheat and Arabidopsis. Science 328: 899-903.

Bloom A.J., Rubio Asensio J.S, Randall L., Rachmilevitch S., Cousins A.B. and Carlisle E. A. (2012) CO2 Enrichment inhibits Shoot Nitrate Assimilation in C3 but not C4 Plants and slows Growth under Nitrate in C3 Plants. Ecology 93: 355–367.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 213–214 (2015)

Erfassung der Diversität für Trockenstresstoleranz bei Deutschem Weidelgras

Peter Westermeier[1], Andrea Wosnitza[1], Evelin Willner[2], Ulf Feuerstein[3], Wilbert Luesink[4], Sabine Schulze[5], Annegret Schum[6] und Stephan Hartmann[1]

[1]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2]GenbankTeilsammlungen Nord, IPK Gatersleben, Malchow/Poel; [3]Deutsche Saatveredelung AG, Asendorf; [4]Norddeutsche Pflanzenzucht H.-G. Lembke KG, Malchow/Poel; [5]Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Bocksee; [6]Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Julius Kühn-Institut, Groß-Lüsewitz. E-Mail: *peter.westermeier@LfL.bayern.de*

Einleitung

Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) ist aufgrund seiner positiven Eigenschaften hinsichtlich Ertragspotential, Schnittverträglichkeit und des hohen Futterwertes das weitverbreitetste Futtergras in Mitteleuropa. Vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels scheint der Anbau von Deutschem Weidelgras gefährdet, da diese Art nur eine geringe Trockentoleranz besitzt. Es wird erwartet, dass die Durchschnittstemperaturen global betrachtet zwischen 2 und 3 °C steigen werden und damit verbunden es zu Verschiebungen in der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung kommt, mit örtlichen Rückgängen zwischen 20 und 40 % (IPCC, 2007). Für Bayern wird erwartet, dass im Sommerhalbjahr die Anzahl der Trockentage erheblich zunehmen wird, die Summe der Niederschläge jedoch nur um ca. 10 % zurückgehen wird (LfU, 2012). Da Bewässerungsmaßnahmen im Grünland meist weder möglich, noch wirtschaftlich sind, besteht mit der Neuzüchtung von trockentoleranten Sorten ein vielversprechender Ansatz, auf die Auswirkungen des Klimawandels zu reagieren. Im Folgenden sollen Ergebnisse verschiedener Phänotypisierungsansätze zur Erfassung von Trockentoleranz an Gräsern vorgestellt und ihre Eignung für die Selektion dargestellt werden.

Material und Methoden

186 diverse Akzessionen von deutschem Weidelgras (73 historische Sorten und Wildsammlungen der IPK Genbank, 111 Sorten und Sortenkandidaten verschiedener Züchter) sowie Rohrschwingel, Wiesenschwingel und *Festulolii* wurden im Herbst 2011 an fünf trockengefährdeten Feldstandorten (Bornhof, Kaltenhof, Malchow, Triesdorf und Les Rosiers sur Loire in Frankreich) ausgesät. Das Versuchsdesign war eine 20x10 Alpha-Gitteranlage mit 4 Wiederholungen. Basierend auf den Felddaten des Jahres 2012 wurden 54 diverse Akzessionen für einen zweiortigen Test in Rain-out Shelterversuchen (Freising und Kaltenhof) selektiert, die in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführt wurden. Das Versuchsdesign war eine randomisierte Blockanlage in 2 Wiederholungen. Jede Parzelle bestand aus 20 Einzelpflanzen, die als Doppelreihe gepflanzt wurden, so dass hier eine Erfassung der Merkmale auf Einzelpflanzenebene an genetisch identischen Klonen möglich war. Visuell erfasst wurden jeweils zu den Schnittterminen der Biomasseaufwuchs auf einer Boniturskala von 1-9, sowie die visuelle Trockenstressantwort auf einer Skala von 1-9. In den Rain-out Shelterversuchen erfolgten zusätzlich Ertragserhebungen auf Parzellenbasis, sowie der Erfassung der Anzahl lebender Pflanzen.

Ergebnisse und Diskussion

Unter Feldbedingungen ist in Deutschland nicht zu erwarten, in jedem Jahr geeignete Prüfumwelten zur Selektion auf Trockentoleranz vorzufinden, da Trockenphasen sowohl von der zeitlichen Dauer, als auch von der Intensität sehr unregelmäßig eintreten. Dies wird insbesondere deutlich am Merkmal der visuellen Trockenstressbonitur. So waren in den Feldversuchen, je nach Stärke der Trockenstressbedingungen sehr unterschiedliche Wiederholbarkeiten festzustellen, die zwischen 0 % und 72,5 % lagen. Bei der Verrechnung über Orte war jedoch eine maximale Heritabilität von 42 % feststellbar, was den starken Ortseinfluss widerspiegelt. Besser geeignet war hingegen das Merkmal der visuellen Massenbildungsbonitur, das nicht eine aktuelle Momentaufnahme darstellt, sondern über den Zeitraum zwischen zwei Schnittterminen die Pflanzenreaktion integrierend widergibt.

Die gleiche Beobachtung konnte in der semi-kontrollierten Umwelt Rain-out Shelter gemacht werden. Die visuellen Trockenstressbonitur lieferte zwar an den Einzelstandorten hohe Wiederholbarkeiten von bis zu 84,7 %, bei der Verrechnung über beide Versuchsstandorte ging jedoch die daraus berechnete Heritabilität drastisch zurück. Auch hier hat sich die visuelle Massenbildungsbonitur durchwegs als geeigneteres Selektionskriterium herausgestellt, mit Heritabilitäten von bis zu 91 %, die damit auch meist über den durchgeführten Ertragsmessungen lag. Ein weiteres sehr gut geeignetes Kriterium war die Anzahl der überlebenden Pflanzen (Abbildung 1). Dieses Merkmal differenzierte im Verlauf der zweijährigen Versuche immer mehr und lieferte ebenfalls hohe Heritabilitäten. Der Trockensubstanzgehalt war nur zu einzelnen Schnittterminen signifikant wiederholbar, auch konnte kein Zusammenhang mit der Trockenstressbehandlung hergestellt werden.

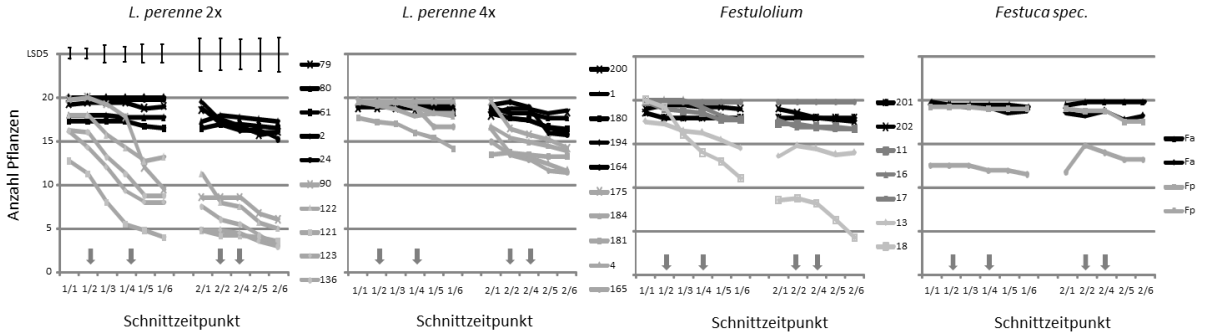


Abbildung 1: Anzahl überlebender Pflanzen im Rain-out Shelterversuch im Verlauf der Versuchsjahre 2013 (Schnitttermine 1/1 bis 1/6) und 2014 (Schnitttermine 2/1 bis 2/6) (adjustierte Mittelwerte Freising und Kaltenhof). Die Pfeile kennzeichnen die Trockenstressphasen.

Literatur

IPCC (2007) Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge/NY.

LfU (2012) Der Klimawandel in Bayern – Auswertung regionaler Klimaprojektionen - Klimabericht Bayern. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) Augsburg 07/2012.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 215–216 (2015)

Erfassung der Bestandesdynamik von 220 Winterweizen-Genotypen mit einem traktor-gestützten Sensorsystem

Sabrina Nagler[1], Hella Ahrends[1], Andreas Burkart[2], Ulf Böttcher[1] und Henning Kage[1]

[1]Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau / Christian-Albrechts-Universität, Kiel; [2]I Institut für Bio- und Geowissenschaften / Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich. E-Mail: *nagler@pflanzenbau.uni-kiel.de*

Einleitung

In den letzten 50 Jahren konnte die Weizenproduktion weltweit deutlich gesteigert werden, wobei der Züchtungsfortschritt, intensivierte und verbesserte Produktionssysteme sowie in einigen Regionen veränderte Umweltbedingungen die Haupteinflussfaktoren darstellen. Seit Beginn des 21. Jahrhunderts stagnieren die Erträge von Winterweizen in Westeuropa jedoch, was unter anderem auf klimatische Ursachen zurückzuführen ist (Brisson et al. 2010). Dies zeigt sich in verkürzten Vegetationszeiträumen aufgrund höherer Temperaturen sowie größerer klimatischer Variabilität zwischen den Jahren. Vor dem Hintergrund des Klimawandels und des Bevölkerungswachstums erscheint auch zukünftig eine weitere Ertragssteigerung unter variablen Umweltbedingungen sowie Flächenrestriktionen unabdingbar.

Phänologische Entwicklung, Strahlungsaufnahme und Photosynthese, Harvest Index, Trockenstresstoleranz und Krankheitsresistenzen sind wichtige Eigenschaften, die den Ertrag einer Sorte bestimmen. Um die Bedeutung der einzelnen Sorteneigenschaften abschätzen zu können, werden im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem“ verschiedene Winterweizen-Genotypen unter verschiedenen Umwelt- und Managementeinflüssen untersucht. Im vorgestellten Projekt werden dabei insbesondere die Bestandesentwicklung und Trockenstresstoleranz anhand nicht-destruktiver Messverfahren betrachtet.

Material und Methoden

In einem dreijährigen Feldversuch werden in Hohenschulen, Schleswig-Holstein, 220 Winterweizen-Genotypen der letzten 50 Jahre aus Deutschland, Mitteleuropa und Weizenanbaugebieten weltweit betrachtet.

Um Interaktionen zwischen Genotypen und Management abzubilden, werden drei Anbauintensitäten in drei Wiederholungen untersucht: 110 kg N/ha, ohne Fungizide, ohne Wachstumsregler, ohne Insektizide; 220 kg N/ha, ohne Fungizide, mit Wachstumsreglern, ohne Insektizide; 220 kg N/ha, mit Fungiziden, mit Wachstumsreglern, mit Insektiziden. Der Versuch wurde teilrandomisiert angelegt, wobei die Genotypen nach Wuchshöhe (kurz bzw. lang) und Abreifezeitpunkt (früh bzw. spät) in vier Gruppen eingeteilt wurden. Die Parzellengröße beträgt 1,25 m x 6 m.

In den Entwicklungsstadien BBCH 30 bis BBCH 80 wurden wöchentlich Messungen mit einem traktor-gestützten Sensorsystem durchgeführt, die anschließend mithilfe von RTK-GPS-Daten den Parzellen zugeordnet wurden. Dabei wurden die Bestandesreflexion und Bestandestemperatur erfasst. Aus der Bestandesreflexion wird nicht-destruktiv auf Bestandesflächenindex (GAI) und N-Menge im Bestand sowie deren zeitlichen Verlauf geschlossen (vgl. Müller et al. 2008). Zur Kalibrierung der Beziehung zwischen Bestandesreflexion und GAI wurden an zwei Terminen

(BBCH 32 und BBCH 39) Messungen mit dem LI-COR LAI-2000 durchgeführt. Aus der Bestandestemperatur und den erhobenen mikrometeorologischen Umgebungsbedingungen wird der Wasserversorgungsstatus der Genotypen abgeleitet (Jackson et al. 1988).

Abbildung 1: Traktor-gestütztes Sensorsystem mit: a) Ocean Optics STS-VIS Spektrometer, b) Apogee IRTS-P Infrarotsensoren, c) Kipp & Zonen NR Lite Nettostrahlungssensoren, d) Campbell Scientific CS215 Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor, e) R. M. Young Wind Monitor, f) Campbell Scientific CR1000 Datenlogger, g) Topcon HIPer V RTK-GPS.

Ausblick

Mithilfe der aus Bestandesreflexion abgeleiteten GAI-Verläufe soll die Bestandesdynamik der untersuchten Weizengenotypen abgebildet und mögliche Sortenunterschiede ermittelt werden. Darüber hinaus sollen die Bestandestemperaturmessungen Aufschluss über genotypspezifische Reaktionen auf Trocken- und Hitzestress geben. In Kombination mit den Daten weiterer Projektstandorte sollen die Einflüsse von Umwelt, Management und deren Interaktion auf die Ertragsleistung der Genotypen ermittelt werden.

Literatur

Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X., Huard, F., 2010: Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. Field Crops Research 119:201-212.

Jackson, R.D., Kustas, W.P., Choudhury, B.J., 1988. A Reexamination of the Crop Water Stress Index. Irrigation Science 9, 309-317.

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.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 217–218 (2015)

Bioenergieträger mit Mehrwert: Getreide-Leguminosen-Gemenge

Veronika Eberl und Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing. E-Mail: *veronika.eberl@tfz.bayern.de*

Einleitung

Silagen aus Mais und Ganzpflanzengetreide stellen ein ebenso beliebtes wie weit verbreitetes Substrat für die Biogasproduktion dar. In der Praxis überzeugen diese Kulturen durch die bereits ausgereifte Produktionstechnik und stabile Erträge. Der Aspekt einer nachhaltigen Fruchtfolgegestaltung auf Basis einer hohen Biodiversität gerät dabei jedoch häufig ins Hintertreffen. Mit dem Anbau von Getreide-Leguminosen-Gemengen eröffnet sich die Möglichkeit, dem Streben nach Ertragssicherheit und dem Grundgedanken einer nachhaltigen Landbewirtschaftung gleichermaßen gerecht zu werden.

Material und Methoden

Im Rahmen eines insgesamt dreijährigen Anbauversuchs am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing werden in der Kombination verschiedener Wintergetreidearten mit frosttoleranten Leguminosen nachfolgend aufgeführte Gemengevarianten im Hinblick auf ihre Eignung als Biogassubstrat betrachtet: Winterroggen-Zottelwicke, Winterroggen-Pannonische Wicke, Wintertriticale-Zottelwicke, Wintertriticale-Pannonische Wicke, Wintertriticale-Wintererbse sowie Wintergerste-Wintererbse. Die entsprechenden Reingetreidevarianten dienen jeweils als Referenz. Neben der Variation der Getreideart und des Leguminosenpartners werden in Abhängigkeit des angestrebten Anbauziels unterschiedliche Anteile an Leguminosen in der Gesamtmischung gewählt. Während mit Fokus auf den Blühaspekt bereits eine geringe Anzahl an Pflanzen je Quadratmeter ausreicht, ist für eine relevante Stickstofffixierung ein deutlich höherer Anteil an Leguminosen zu wählen. Um speziell diesen Aspekt des Gemengeanbaus von Getreide und Leguminosen näher zu beleuchten, werden die Varianten mit dem jeweils höchsten Leguminosenanteil ergänzend zur Normaldüngung auch unter der Voraussetzung einer reduzierten Stickstoffapplikation in Anbau gebracht. Zur Beurteilung der Vorfruchtwirkung erfolgt unmittelbar nach Beerntung der Ganzpflanzenbestände der Anbau einer einheitlichen Nachfrucht.

Ergebnisse und Diskussion

In ersten Versuchsergebnissen überzeugten die betrachteten Getreide-Leguminosen-Gemenge neben einer hohen Ertragsleistung durch eine gute Substratqualität mit gehobenen Proteingehalten und zufriedenstellenden Methanausbeuten.

In Abhängigkeit des Getreidemischungspartners wurde von den Gersten-Leguminosen-Gemengen am Standort Straubing eine durchschnittliche Ertragsleistung in Höhe von 125 dt TM/ha erzielt, gefolgt von den Roggen-Leguminosen-Gemengen mit 135 dt TM/ha und den Triticale-Leguminosen-Gemengen mit 165 dt TM/ha. Mit den realisierten Ergebnissen liegen die Gemenge-Varianten mindestens auf gleichem, häufig sogar leicht über dem Ertragsniveau der

jeweiligen Reingetreidevariante. Der häufig angestimmten Kritik, dass im Mischanbau mit Leguminosen im Vergleich zur Ganzpflanzennutzung von Reingetreidebeständen mit Mindererträgen zu rechnen ist, kann auf Basis der Ergebnisse des ersten Versuchsjahres nicht zugestimmt werden. Das zunehmende Ertragspotenzial in Abhängigkeit des Getreidemischungspartners in der Reihenfolge Wintergerste, Winterroggen, Wintertriticale folgt dem allgemein zu erwartenden Ertragsverlauf bei einer Ganzpflanzennutzung der jeweiligen Reingetreidebestände.

Die potenziellen Methanerträge der Getreide-Leguminosen-Gemenge bei einer Vergärung der Ganzpflanzensilage im Fermenter wurden über das Verfahren des Hohenheimer Biogasertragstests experimentell ermittelt. Im Ergebnis wurden Methanausbeuten in einer Spannweite von 270 bis 320 Liter Methan je Kilogramm organischer Trockensubstanz (l CH_4/kg oTS) erzielt, womit das Potenzial der einzelnen Gemengevarianten relativ stark streute. Bei der Betrachtung der Methanausbeuten in Abhängigkeit des Getreidemischungspartners lagen die errechneten Mittelwerte mit rund 300 l CH_4/kg oTS jedoch nahezu gleichauf. An das durchschnittliche, für Wintergetreide-GPS ausgewiesene Niveau der Ausbeute in Höhe von 330 l CH_4/kg oTS konnte die Mehrheit der Versuchsvarianten im ersten Anbaujahr damit nicht anknüpfen. Wird der Methanertrag je Hektar Anbaufläche als Bezugsgröße gesetzt, gelingt es jedoch, die eher schwachen Methanausbeuten durch den Einfluss der sehr guten Trockenmasseertragsleistung zu relativieren, sodass die realisierten Methanerträge im Bereich von 4.000 Nm^3 CH_4/ha für Gerste und Roggen, bis hin zu 5.000 Nm^3 CH_4/ha für Triticale, durchwegs den für Getreideganzpflanzensilage ausgewiesenen Orientierungswerten entsprechen.

Neben der monetären Bewertung eines Produktionssystems auf Basis seiner Ertragsleistung sollte auch immer dessen nicht unmittelbar quantifizierbarer Wert für die Fruchtfolge und das Ökosystem berücksichtigt werden. Während die Getreidemischungspartner die ertragsbildende Komponente in den Getreide-Leguminosen-Gemengen darstellen, begründen erst die Leguminosen den ökologischen Mehrwert der Mischkulturen. Der hohe ökologische Nutzen der Getreide-Leguminosen-Gemenge resultiert neben der symbiotischen Stickstoff-fixierungsleistung der Leguminosen aus dem guten Unkrautunterdrückungsver-mögen der Mischkulturen sowie deren intensiven Durchwurzelung des Bodens. Das reichhaltige Blütenangebot der Bestände bis zur Ernte dient darüber hinaus zahlreichen bestäubenden Insekten als Nahrungsquelle und bereichert das Landschaftsbild.

Die genannten Vorteile kamen im Versuch bereits mit einem relativ geringen Leguminosenanteil von zehn Prozent der Aussaatstärke bei Reinsaat zum Tragen. Der Zusatzaufwand zum Reinkultur-Anbau durch die erhöhten Saatgutkosten der Leguminosen blieb auf diese Weise überschaubar und wurde bei einer Gegenrechnung des Vorfruchtwertes mindestens gedeckt.

Vor dem Hintergrund, dass sich derartige Gemenge zugleich unkompliziert in verschiedene Fruchtfolgesysteme integrieren und auf vielfältige Weise nutzen lassen, stellt diese Form des Mischanbaus eine attraktive Möglichkeit dar, die Biodiversität in modernen Produktionssystemen zu steigern.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 219–220 (2015)

Blattstreumengen in Gehölzstreifen und angrenzenden Ackerbereichen innerhalb eines Agroforstsystems

Jaconette Mirck, Christian Böhm, Michael Kanzler und Dirk Freese

Brandenburgische Technische Universität, Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Cottbus. E-Mail: *jaconette.mirck@b-tu.de*

Einleitung

Eine Verringerung der Humusschicht und ein erhöhter Nährstoffmangel stellen landwirtschaftliche Herausforderungen dar. Die hiermit verbundene Reduzierung der Bodenfruchtbarkeit resultieren von Bodenerosion und/oder des erntebedingten Nährstoffexportes. Auf fossilen Brennstoffen basierende chemische Dünger werden in der Regel im Ackerbau genutzt, um Nährstoffmangel zu verhindern. Agroforstwirtschaft, oder der Anbau von Gehölzen und Ackerkulturen auf der gleichen Fläche, hat das Potenzial den Boden oben- und unterirdisch mit Humus anzureichern. Die vorgestellte Studie konzentriert sich aber auf die oberirdische Anreicherung durch Blattstreu. Ziel der Studie war es festzustellen, ob das Laub der Gehölzstreifen zu einer Düngung der angrenzenden Ackerbereiche beitragen kann und ob diesbezüglich Unterschiede im Lee- und Luvbereich existieren.

Material und Methoden

Die Forschungsarbeit erfolgte auf einem 70 ha großen Ackerschlag in der Nähe von Forst (Lausitz). Auf dem nördlichen Teil des Ackerschlags, der eine Größe von 40 ha hat, befinden sich sieben in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete Gehölzstreifen, die sich aus den Baumarten Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Pappel (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) zusammensetzen. Diese Gehölzstreifen sind vierreihig und ungefähr 10 m breit. Die Ackerstreifen zwischen den Gehölzstreifen sind 24, 48 oder 96 breit. Die Fläche wird seit mehreren Jahrzehnten konventionell ackerbaulich bewirtschaftet. In 2014, dem Beprobungsjahr, wurde Winterweizen (*Triticum aestivum*) angebaut. In den Jahren zuvor wurden Mais (*Zea mays*), Luzerne (*Medicago sativa*), SolaRigol (Mischung für Kartoffeln), und 2013 Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) angebaut. Die Blattstreu wurde mittels 50 x 50 cm großen Streusammlern innerhalb der Gehölzstreifen zwischen Anfang Oktober und Mitte Dezember 2014 aller 14 Tage gesammelt. Zusätzlich wurden flächenbezogen Blätter im Abstand von 3 und 6 m von den Gehölzstreifen im Lee- und Luvbereich am gleichen Zeitpunkt gesammelt. Für alle fünf Beprobungsareale gab es vier Wiederholungen. Die Blattstreu wurde für die Analyse bei 60°C getrocknet; Teilproben wurden für die Bestimmung des Trockengewichtes bis zur Gewichtskonstanz bei 103 °C getrocknet. Die Gehalte an Stickstoff und Kohlenstoffwurden mittels eines CNS-Elementaranalysators, jene von Schwefel, Kalzium, Magnesium, Phosphor und Kalium mit Hilfe eines ICP-OES-Spektrometers analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Das Streugewicht im Gehölzstreifen war für Pappel und Robinie ($p=0,53$) ähnlich. Signifikante Unterschiede ($p<0,0001$) bestanden jedoch zwischen der Streumenge in den Gehölzstreifen (ca. 2,5 t pro ha) und den Randbereichen der Ackerstreifen (, 1,5; 1,0 und < 0,5 t pro ha im Lee 3 m-, Luv 3 m-und Lee und Luv 6 m-Abstand (Abb. 1A).

Die Anreicherung von Stickstoff durch den Laubstreufall war bei Robinie signifikant höher als bei Pappel (p<0,0001) (Abb. 1B), obwohl das Streugewicht bei Robinie geringer war. Der Grund ist die Anwesenheit von Knöllchenbakterien (Rhizobien) die N_2 aus der Luft fixieren (Veste et al. 2013). Kohlenstoff (Abb. 1C) und Kalium (Abb. 1H) zeigte eine ähnliche Tendenz wie das Streugewicht. Gleiches gilt für Schwefel (Abb. 1D), Kalzium (Abb. 1E), Magnesium und Phosphor (Abb. 1H), Allerdings traten hinsichtlich dieser Nährelemente auch signifikante Unterschiede zwischen Pappel und Robinie auf (S: p=0,03; Ca: p=0,04; Mg: p=0,0015; P:p<0.0001).

Literatur

Veste M, Böhm Ch, Quinkenstein A, und Freese D. 2013. Biologische Stickstoff-Fixierung der Robinie - Ein wichtiger N-Eintragsweg in Kurzumtriebsplantagen? AFZ-DerWald: 39-41 www.forstpraxis.de.

Dank: Die Autoren danken die EU für die Finanzierung des Forschungsprojektes AGFORWARD - Seventh Framework Program (FKZ: 613520) und dem BMEL für die Finanzierung des Forschungsprojektes AgroForstEnergie II – Teilvorhaben 2 (FKZ: 22000312); Für weitere Informationen siehe http://www.agforward.eu und http://www.agroforstenergie.de/de/
European Union's Seventh Framework Program for research, technological development and demonstration under grant agreement no 613520 The views and opinions expressed in this presentation are purely those of the writers and may not in any circumstances be regarded as stating an official position of the European Commission

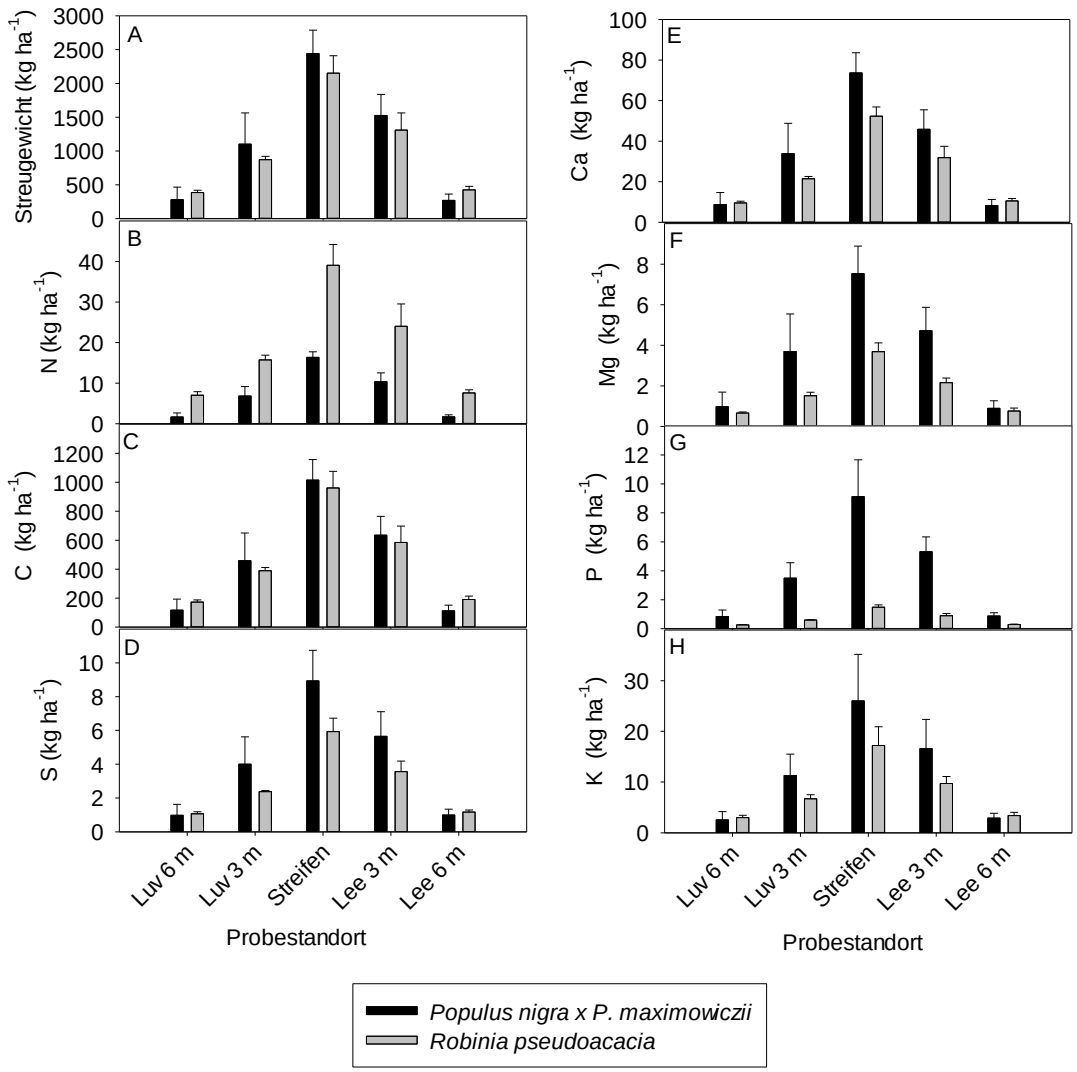


Abb. 1: A) Streugewicht pro ha, und B) Stickstoff-, C) Kohlenstoff-, D) Schwefel-, E) Kalzium-, F) Magnesium-, G) Phosphor-, und H) Kalium-Eintrag pro ha durch laubstreu in 2014 (n=4, Fehlerbalken = Standardfehler).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 221–222 (2015)

Multispezies-Beweidung zur Optimierung der Grünlandpflege

Thomas Kaiser[1], Andreas Fischer[1] und Axel Behrendt[2]

[1]Institut für Landnutzungssysteme, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg;
[2]Forschungsstation Paulinenaue, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg.
E-Mail: *tkaiser@zalf.de*

Einleitung

Das Konzept der Multispeziesbeweidung beruht auf der Voraussetzung, dass Wiederkäuer in ihrer Ernährungsweise unterschiedlich spezialisiert sind und sich gemeinsam in der Nutzung der verschiedenen Vegetationskomponenten ergänzen. Konzepte mit Mischbeweidung konzentrierten sich meist auf Schafe und Rinder (z.B. Dudzinski and Arnold 1973; Grant et al. 1987). Gelegentlich wurden auch Ziegen hinzugenommen (Squires 1982; Animut and Goetsch 2008), seltener Pferde. Die Einbeziehung von Wildtieren ist bisher wenig erforscht. Wichtige Voraussetzung für ein derartiges Konzept ist die Kenntnis der alimentären Eigenarten dieser Tierarten. Im Folgenden wird die Verbissselektion bei Damwild, Mufflon und Schaf (Skudde) auf extensiv genutzten Niedermoorweiden untersucht.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt im Havelländischen Luch, nordwestlich von Berlin auf sandunterlagertem, flach- bis mittelgründigem Niedermoor. 4 Unispeziesherden (1 x Damwild, 1 x Mufflon, 2 x Skudde) mit je 10 Muttertieren und Nachzucht wurden auf Koppeln von je 1 ha Größe in die Untersuchungen einbezogen. Zusätzlich wurde eine 2 ha große Koppel mit einer Gemischtherde aus Skudde und Damwild untersucht. Jede Koppel wurde ab Mai mit mobilem Zaun in 2 gleich große Abschnitte unterteilt. Auf den nicht beweideten Teilflächen erfolgte Anfang Juni die Mahd zur Heugewinnung. Nach Heranwachsen des 2. Aufwuchses auf den gemähten Teilflächen wurden die Tiere Mitte August auf diese Flächen umgetrieben. Anfang bis Mitte Oktober wurden die Zwischenzäune entfernt und den Tieren stand die gesamte Koppel zur Verfügung. 2010 und 2014 wurde die Vegetation auf den Koppeln kartiert. Verbissbonituren erfolgten 2013 und 2014. Der Herdenaufbau begann bereits 2010, so dass die Tiere an den Standort adaptiert waren. Für die Verbissbonitur der Hauptarten wurden die beweideten Koppelabschnitte in 20 m x 20 m-Raster unterteilt. Wir verwendeten eine 4 stufige Verbissboniturskala, mit: 0: unverbissen, 1: Spitzenverbiss (7%), 2: 50 % Verbiss, 3: vollständiger Verbiss (ca. 90-95 %). Wegen der Verbissheterogenität innerhalb des relativ großen Rasters wurden die Deckungsgrade der Verbissstufen je Art und Raster geschätzt und hieraus ein mittlerer Verbiss je Art und Rasterzelle ermittelt. Außerdem wurden die Artanteile je Rasterzelle bewertet. Aus diesen Schätzwerten wurde der Selektionsindex nach Jacobs (1974) errechnet, der auf einer Relativsetzung von Einzelartenverbiss zu Gesamtverbiss je Rasterzelle beruht.

Ergebnisse und Diskussion

Damwild bevorzugte einerseits die höherwertigen Futterarten, wie Festuca pratensis und Trifolium repens, verbiss aber auch hartblättrige Arten wie Festuca arundinacea sehr gut. Das auf nordostdeutschen meliorierten Niedermooren sehr verbreitete Rohrglanzgras (Phalaris arundinacea) wurde dagegen leicht unterdurchschnittlich verbissen. Der größte Effekt hinsichtlich Landschaftspflege liegt aber darin, dass das

Damwild auch vor den nitrophilen Problemarten (Urtica dioica, Cirsium arvense) auf extensiv genutzten Niedermoorweiden nicht haltmachte. Auch das Mufflon verbiss U. dioica gut. Bei C. arvense reichte aber seine Verbissaktivität nicht aus, um die Ausbreitung dieser Art zu verhindern. Letzteres traf auch bei der Skudde zu. U. dioica wurde von der Skudde weitgehend verschmäht. Mufflon und Skudde verbissen Phalaris arundinacea besonders im 1. Aufwuchs überdurchschnittlich gut. Unbeliebt bei allen 3 Tierarten waren Elytrigia repens. Im Flutrasen wurde Alopecurus geniculatus gegenüber Agrostis stolonifera einheitlich besser verbissen. Die Vegetationskartierungen zeigten, dass sich von 2010 bis 2014 Cirsium arvense auf den oberen Reliefarealen der Skudden- und Mufflonkoppel verstärkt ausbreitete. Auf den Koppeln mit Damwildbeteiligung unterblieb dagegen diese Ausbreitung, obwohl auch hier einzelne Distelherde zu Projektbeginn existierten. Um diesen Befund besser begründen zu können, wurde im Sommer 2014 eine zusätzliche Damwildherde auf eine Problemkoppel mit je 10 % Distel- und Brennesselanteilen aufgetrieben. 3 Wochen nach Auftrieb waren durchschnittlich 45 % bei U. dioica und 30 % bei C. arvense verbissen. Weitere 4 Wochen später waren es 60 % Verbiss bei U. dioica und 57 % bei C. arvense. Die Variabilitätskoeffizienten des mittleren Rasterverbisses je Koppel und Aufwuchs in Tabelle 1 zeigen in der Tendenz, dass die Herdenbeteiligung von Damwild zu gleichmäßigerem Abweiden der Koppeln führte.

Tabelle 1: Verbissvariabilität je beweidete Teilkoppel im 1. und 2. Aufwuchs

Tierart	Jahr	Rastervariabilität (s%) Juni	Sept.
Skudde	2013	92.27	201.40
	2014	213.82	150.83
Mufflon	2013	555.71	103.43
	2014	275.43	428.39
Damwild	2013	82.76	70.02
	2014	100.54	94.07
Skudde, Damwild	2013	keine Bonitur	163.71
	2014	74.25	94.07

Literatur

Animut, G., Goetsch, A. L. 2008: Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. Small Ruminant Research 77: 127-145.

Dudzinski, M. L., Arnold, G. W. 1973: Comparisons of diets of sheep and cattle grazing together on sown pastures on southern tablelands of new-south-wales by principal components analysis. Australian Journal of Agricultural Research 24: 899-912.

Grant, S. A., Torvell, L., Smith, H. K., Suckling, D. E., Forbes, T. D. A., Hodgson, J. 1987: Comparative-studies of diet selection by sheep and cattle - blanket bog and heather moor. Journal of Ecology 75: 947-960.

Jacobs, J. 1974: Quantitative measurement of food selection - modification of forage ratio and ivlevs electivity index. Oecologia 14: 413-417.

Squires, V. R. 1982. Dietary overlap between sheep cattle and goats when grazing in common. - Journal of Range Management 35: 117-119

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 223–224 (2015)

Zuckerrüben für die Biogasproduktion? – Empfehlungen für die Ausgestaltung von Substratlieferverträgen mittels Discrete-Choice-Ansatz

Saramena Sauthoff[1], Friederike Anastassiadis[1], Anna Jacobs[2], Bernward Märländer[2] und Oliver Mußhoff[1]

[1]Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität, Göttingen;
[2]Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. E-Mail: *saramena.sauthoff@agr.uni-goettingen.de*

Einleitung

Erneuerbare Energien sind ein wichtiger Bestandteil der Energiewende vieler Länder, um weniger abhängig von fossilen Brennstoffen zu sein, aber auch um die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels zu verringern (Østergaard, 2012). Derzeit werden in Deutschland mehr als acht Millionen Haushalte mit Strom versorgt, der in Biogasanlagen gewonnen wird (Fachverband Biogas, 2014). Trotz der hohen Bedeutung der Biogasproduktion für die Energiewende, resultieren aus dem damit verbundenen Silomaisanbau vermehrt gesellschafts- und klimapolitische Debatten. Die Zuckerrübe stellt auf Grund ihres hohen Trockenmasseertrags und ihrer leicht und schnell fermentierbaren Trockenmassezusammensetzung eine hoch interessante Substratalternative zu Silomais dar (Starke und Hoffmann, 2014), um eine nachhaltige und von der Gesellschaft getragene Biogasgewinnung zu ermöglichen.

Ziel der Untersuchung ist es, auf Basis eines Discrete-Choice-Experiments (DCE) Empfehlungen auszusprechen, wie ein zukünftiger Liefervertrag für Zuckerrüben mit Produktionsziel Biogas aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebsleiter ausgestaltet sein sollte, um die Zuckerrübe als Substratalternative zu etablieren. Hierfür untersuchen wir anhand von Hypothesen, welchen Einfluss die Erfahrung mit Substratlieferverträgen auf die Entscheidung des Landwirts hat, Zuckerrüben als Biogassubstrat vertraglich anzubauen. Zudem berücksichtigen wir Fruchtfolgerestriktionen, die für Zuckerrübenanbauer bedeutend für ihre Entscheidungsfindung sein können. Um eine ganzjährige Frischrübenverfütterung zu ermöglichen, wird dem Landwirt zudem eine Teilernte der Zuckerrüben im Folgefrühjahr angeboten.

Material und Methoden

Für die Untersuchung der Forschungshypothesen wurde ein Online-Fragebogen entwickelt. Die Bearbeitung des Fragebogens nahm etwa 20 Minuten Zeit in Anspruch. In die Befragung wurde ein DCE integriert, das jeden Teilnehmer vor 12 randomisierte Entscheidungssituationen stellte. In jeder Entscheidungssituation konnte sich der Landwirt zwischen zwei sich ausschließenden Vertragsalternativen entscheiden. Zudem war es ihm in jeder Entscheidungssituation möglich, keine der angebotenen Vertragsalternativen zu wählen und somit seinen Status Quo zu erhalten. Die Vertragsalternativen unterschieden sich in vier Attributen: Vertragslaufzeit, Vertragsfläche, Verkaufspreis sowie Erntezeitpunkt (Tabelle 1). Die Auswertung des DCE erfolgte durch die Modellierung verschiedener Mixed Logit Modelle.

Tabelle 4: *Attribute und deren Ausprägungen bei angebotenen Substratliefer-vertragsalternativen für Zuckerrüben für die Biogasproduktion im Discrete-Choice-Experiment.*

Attribut	Einheit	Ausprägung [a)]
Vertragslaufzeit	Jahre	1; 3; 6
Vertragsfläche	Prozent der betrieblichen Ackerfläche	5; 10; 20
Verkaufspreis	€ t^{-1} Frischmasse bei 18 % Zuckergehalt	22; 25; 29
Erntezeitpunkt		Herbst; ¼ der Vertragsfläche im Frühjahr

[a)] basierend auf Literaturrecherche, Sichtung von realen Verträgen und Expertengesprächen

Ergebnisse und Diskussion

Im Zeitraum von Juni bis Dezember 2013 beteiligten sich 118 Landwirte an unserer Befragung. In der Stichprobe befanden sich 76 Zuckerrübenanbauer sowie 75 Landwirte, die Biogassubstrate anbauen. Bei 15 Landwirten erfolgte der Anbau von Zuckerrüben als Biogassubstrat.

Die befragten Landwirte lehnten Biogassubstrat-Lieferverträge für Zuckerrüben tendenziell ab. Obwohl sie eine Verwertung von Zuckerrüben zu Biogas mehrheitlich befürworteten und als nachhaltige Alternative zu Silomais bewerteten, präferierten sie den Erhalt ihres Status Quo. Dieser scheinbare Widerspruch kommt möglicherweise zustande, weil ein Landwirt eine positive Einstellung zur Biogasgewinnung aus Zuckerrüben hat, er aber (noch) keine unmittelbare Umsetzung auf dem eigenen Betrieb wünscht. Wir konnten zeigen, dass ein Landwirt, der bereits Zuckerrüben in sein Anbauprogramm integriert hat, eine geringe Bereitschaft zeigt, weitere Flächen mit Zuckerrüben für die Biogasproduktion zu bestellen. Stimmten die befragten Landwirte einem Anbau von Zuckerrüben für die Biogasproduktion zu, präferierten sie einen geringen Anbauumfang und kurze Vertragslaufzeiten. Ein Erklärungsansatz liefert hier das Autonomiebedürfnis des einzelnen Landwirts, der durch eine langfristige Vertragsbindung und einen hohen Anbauumfang weniger flexibel in seinen Betriebsentscheidungen ist. Aus Sicht des Landwirts könnte ein Vertragsabschluss attraktiver sein, wenn er die Möglichkeit bietet, das Vertragsverhältnis frühzeitig beenden zu können. Insbesondere Landwirten, die noch keine Erfahrungen im Zuckerrübenanbau haben, ermöglicht ein solcher Vertrag, den Anbau von Zuckerrüben als Biogassubstrat erst einmal zu testen.

Literatur

Fachverband Biogas. Biogas segment statistics 2014. http://www.biogas.org/ 2014 [abgerufen: 03.04.2015].

Østergaard PA. Comparing electricity, heat and biogas storages' impacts on renewable energy integration. Energy 2012;37(1):255-262.

Starke P und Hoffmann C. Yield parameters of Beta beets as a basis to estimate the biogas yield. Sugar Ind 2014;139(3):169-176.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 225–226 (2015)

Ackerbauliche Landnutzungsänderung durch die Biogasproduktion in Deutschland

Peter Kornatz, Joachim Aurbacher

Justus-Liebig-Universität, Juniorprofessur für Landwirtschaftliche Produktionsökonomik, Gießen. E-Mail: *Peter.Kornatz@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Die Biogasproduktion hat auf Grund der gesetzlichen Fördermaßnahmen über das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Hierdurch wird unter anderem ein Einfluss auf das Anbauspektrum und die Zusammensetzung der Fruchtfolgen ausgeübt, der sich deutlich im Landschaftsbild und somit in der öffentlichen Wahrnehmung (z.B. Diskussion um die „Vermaisung der Landschaft“) wiederspiegelt. Unter Verwendung eines ökonomischen Modellierungsansatzes soll geklärt werden, in wie weit die Bioenergieförderung zur Zunahme der Silomaisflächen beiträgt und welche Regionen innerhalb Deutschlands davon primär betroffen sind. Besonders stellt sich aufgrund der gesellschaftlichen und politischen Diskussion, des durch die Bioenergieförderung induzierten Landnutzungswandels, die Frage, ob die Flächenausdehnung der Kulturart Mais (inklusive Körnermais) auch ohne besondere Förderung der Biogasproduktion zugenommen hätte.

Material und Methoden

Bei dem eingesetzten Model handelt es sich um das ökonomische Model ProLand, das ursprünglich im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 299 der Universität Gießen von Weinmann (2002) entwickelt und von Sheridan (2010) in seinem Funktionsumfang maßgeblich erweitert wurde. Für die vorliegende Fragestellung wurde auf die Vorarbeit von Plata (2012) zurückgegriffen. ProLand wurde hierfür für die Verwendung auf Ebene Deutschlands angepasst (Kornatz, in Vorb.). Die bisherigen Arbeiten umfassten lediglich begrenzte Regionen mit wenigen Quadratkilometern Ausdehnung. Zielmaßstab der vorliegenden Arbeit ist 1:1.000.000 mit einer Rasterauflösung von 1x1 km. Als Basis der Modellierung dient die Landnutzungsklassifikation Corine Landcover; räumliche Klimadaten sowie Bodeneigenschaften stammen aus der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000. Hieraus werden räumlich explizit die potentiellen, standortspezifischen Erträge der Kulturpflanzen sowie die dazugehörigen Verfahrenskosten abgeleitet und die Bruttobodenrente als ökonomische Vergleichsgröße berechnet. Für jeden Rasterpunkt ergibt sich somit eine ökonomisch vorzügliche Fruchtfolge unter den exogen vorgegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen. Von besonderem Interesse ist hierbei der Grenzpreis, bei dem die Landnutzung eines Rasterpunktes in eine Silomaisfruchtfolge wechselt, sowie darüber hinaus die Angebotsmengen der einzelnen Kulturen zur Bestimmung des Einflusses der Bioenergieförderung auf den Agrarmarkt. Entsprechend der Fragestellung wurden Szenarien entwickelt, die wie folgt strukturiert sind:

1. Referenzzustand: Der Referenzzustand gibt die tatsächliche Flächennutzung mit den Flächenumfängen aus der Bodennutzungshaupterhebung wieder, wobei die räumliche Verteilung der Fruchtfolgen durch ProLand bodenrentenmaximal erfolgt.

2. Vergleichsszenarien: Die Flächenumfänge und die räumliche Verteilung werden durch ProLand frei generiert. Ausnahmen bilden hier Früchte, die durch Absatzbeschränkungen am Markt nicht weiter in ihrem Anbau ausgedehnt werden.
3. Körnermaisszenarien: Bei den Körnermaisszenarien stehen Körnermais und Silomais in direkter Konkurrenz zueinander. Hier gilt die Annahme, dass keine Bioenergieförderung vorhanden ist und deshalb keine weitere Ausdehnung des Silomaisanbaus stattfindet.
4. Silomaisszenarien: Bei den Silomaisszenarien stehen Körnermais und Silomais in direkter Konkurrenz zueinander. Es gilt, dass flächendeckende Absatzmöglichkeiten für Silomais als Biogassubstrat vorhanden sind.
5. Marktszenarien: Die Marktszenarien sollen zeigen, in wie weit sich unterschiedliche Preisniveaus am Agrarmarkt auf die Vorzüglichkeit von Silomaisfruchtfolgen auswirken und wie sich die Flächenausdehnungen dieser Fruchtfolgen entwickeln würden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die klassischen Veredlungsregionen (z.B. Teile Niedersachsens) einen besonders niedrigen Grenzpreis für die Kulturart Silomais aufweisen und hier somit die Landnutzung schon bei einem geringen Preis für Silomais zu Silomaisfruchtfolgen wechselt. Im Gegensatz dazu stehen die Ackerbauregionen (z.B. Teile Thüringens) wo erst bei hohen Silomaispreisen Silomaisfruchtfolgen gegenüber Fruchtfolgen mit anderen Kulturarten relativ vorzüglich werden. Darüber hinaus zeigt sich, dass bei der Annahme der bodenrentenmaximalen Bodennutzung Körnermais eine höhere Bedeutung zukommt, als es sich in den tatsächlichen Anbauverhältnissen wiederspiegelt. Aus ökonomischen Gesichtspunkten ist daher davon auszugehen, dass ohne Bioenergieförderung der Anteil der Kulturart Mais durch die Zunahme von Körnermais ebenfalls langsam kontinuierlich zugenommen hätte.

Literatur

Kornatz, Peter (in Vorbereitung) Ackerbauliche Landnutzungsänderungen durch die Biogaserzeugung in Deutschland. Eine quantitative, räumlich explizite Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Silo- und Körnermaisanbaus in Deutschland unter Anwendung des Modells ProLand 2.0. Inauguraldissertation zur Erlangung des Grades Dr. agr. am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen in Vorbereitung.

Plata, Adam (2012) Quantitative, räumlich explizite Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Energiepflanzenbaus. Inauguraldissertation zur Erlangung des Grades Dr. agr. am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen im Jahr 2012.

Sheridan, Patrick (2010) Das Landnutzungsmodell ProLand – Erweiterungen, Operationalisierungen, Anwendungen. Inauguraldissertation zur Erlangung des Grades Dr. agr. Am Fachbereich Agrar-wissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen im Jahr 2009

.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 227–228 (2015)

Pflanzenbauliche Charakterisierung spurenelementreicher Winterzwischenfrüchte zur Biogaserzeugung

Katharina Hey und Rolf Rauber

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen. E-Mail: *khey@uni-goettingen.de*

Einleitung

Spurenelemente sind im Biogasbildungsprozess für eine optimale Methanausbeute durch die Mikroorganismen essenziell. Mais hat ein geringes Aufnahmevermögen für z.B. Cobalt und Nickel mit der Folge, dass es bei alleinigem Maisinput zu einem Spurenelementmangel kommt. Alternative Energiepflanzen akkumulieren im Vergleich zu Mais mehr Spurenelemente. So weisen Winterackerbohnen („Hiverna“) in ihrer oberirdischen Biomasse einen 20-fach höheren Gehalt an Cobalt auf als Mais (Sauer et al. 2014). Die Hypothese ist, dass durch die Zumischung von Pflanzen, die Spurenelemente akkumulieren, eine ausreichende Versorgung für die Vergärung gewährleistet ist.

Material und Methoden

Im September und Oktober 2014 wurden Feldversuche auf zwei Standorten (Göttingen, Auenlehm und Schoningen, sandiger Schluff) angelegt und die Winterungen Wickroggen (Wickroggen GPS, DSV), Winterackerbohnen (Nordica, Abt. Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen), Wintertriticale (Balu PZO, IG Pflanzenzucht), ein Gemenge aus Winterackerbohnen und Wintertriticale sowie Deutsches Weidelgras (Alligator, DSV) ausgesät. Es erfolgte ein praxisüblicher Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Im März 2015 wurden 60 kg N ha^{-1} über Gärreste auf allen Varianten ausgebracht. Zusätzlich wurden der Wickroggen und die Wintertriticale in Reinsaat mineralisch gedüngt (Kalkammonsalpeter). Die gesamte Stickstoffdüngung (Gärrest + Mineraldünger) belief sich bei Wickroggen auf 120 kg N ha^{-1} und bei Wintertriticale-Reinsaat auf 170 kg N ha^{-1}.
Zur Aussaat (Oktober 2014) und im Winter (Januar 2015) wurden die Mengen an mineralischen Stickstoff (Nmin) im Boden in einer Tiefe von 0 bis 90 cm erfasst. Anfang Juni 2015 erfolgte die Ernte der oberirdischen Biomasse. Erfasst wurden u.a. der Trockenmasse (TM)-Ertrag und TM-Gehalt der Energiepflanzen.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der ersten Erfassung der Nmin-Werte zur Aussaat wurden im Mittel über alle Varianten 44 kg N ha^{-1} gemessen. Im Winter befanden sich mit etwa 12 bzw. 14 kg N ha^{-1} bei Wickroggen und Wintertriticale im Vergleich aller Varianten die geringsten Nmin-Mengen im Boden (Tab. 1). Bei Winterackerbohnen und Deutschem Weidelgras waren mit etwa 49 bzw. 46 kg N ha^{-1} deutlich höhere Nmin-Mengen zu finden. Damit unterschieden sich diese Varianten auch nicht von der Schwarzbrache mit 52 kg N ha^{-1}. Wurden die Winterackerbohnen in einem Gemenge mit Wintertriticale angebaut, halbierten sich die Nmin-Mengen (25 kg N ha^{-1}) im Vergleich zur Winterackerbohnen-Reinsaat. Die Nmin-Menge im Boden über Winter soll Aufschluss über die Nitratauswaschungsgefahr beim Anbau der Winterzwischenfrüchte liefern. Die Schwarzbrache dient dabei als Kontrolle. Die Varianten Wickroggen, Wintertriticale und Winterackerbohnen/Wintertriticale-Gemenge konnten eine

deutliche Absenkung der Nmin-Werte bis zum Winter herbeiführen. Bei den Winterackerbohnen hingegen kam es ebenso wie bei der Schwarzbrache zu einem Anstieg der Nmin-Menge vom Herbst bis zum Winter und damit auch zu einem Anstieg des Stickstoffs im Boden, der im Winter der Auswaschung unterliegen kann. Ein Gemengeanbau mit Winterackerbohnen und Wintertriticale kann den Ergebnissen zufolge diesem Problem entgegenwirken.

Tab. 1: Nmin-Werte im Boden im Januar 2015, TM-Ertrag und TM-Gehalt der oberirdischen Biomasse im Juni 2015 am Standort Göttingen. Werte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben in der Spalte sind signifikant verschieden, $P < 0,05$ (t-Test).

Variante	Nmin in 0-90 cm im Januar (kg N ha^{-1})	TM-Ertrag im Juni (dt ha^{-1})	TM-Gehalt im Juni (%)
Wickroggen	13,9 bc	140,3 a	25,6 a
Winterackerbohnen (WAB)	49,4 a	108,4 b	13,9 c
Wintertriticale (WT)	11,8 c	134,5 ab	23,9 a
Gemenge WAB / WT	24,8 b	131,6 ab	20,1 b
Deutsches Weidelgras	45,7 a	106,0 b	21,5 b
Schwarzbrache	51,9 a	-	-

Den höchsten TM-Ertrag erzielte Wickroggen mit 140 dt TM ha^{-1} (Tab. 1). Mit 108 bzw. 106 dt TM ha^{-1} waren die Erträge bei Winterackerbohnen in Reinsaat und Deutschem Weidelgras deutlich geringer. Die TM-Erträge von Wintertriticale in Reinsaat und dem Gemenge aus Ackerbohnen und Wintertriticale unterschieden sich mit 135 bzw. 132 dt TM ha^{-1} kaum. Bemerkenswert ist, dass die Erträge bei diesen Varianten mit einem ungleich hohen Stickstoffdüngereinsatz erzielt werden konnten: 60 kg N ha^{-1} Winterackerbohnen/Wintertriticale-Gemenge und 170 kg N ha^{-1} Wintertriticale-Reinsaat. Wahrscheinlich konnten in der Gemengevariante die Ackerbohnen durch die symbiotische N_2-Fixierung einen Beitrag zur Nährstoffversorgung leisten.

Der TM-Gehalt war mit etwa 26 bzw. 24 % bei Wickroggen und Wintertriticale-Reinsaat am höchsten (Tab. 1). Die Winterackerbohnen zeigten TM-Gehalte von nur 14 %. Wurden die Winterackerbohnen im Gemenge mit Wintertriticale angebaut, wurde ein TM-Gehalt von 20 % erreicht. Der TM-Gehalt bestimmt maßgeblich die Silierfähigkeit der Biomasse und sollte bei >30 % liegen (Thaysen 2011). Keine der untersuchten Varianten konnte Trockenmassegehalte von 30 % erreichen. Für die Silierung wäre ein Anwelken nötig gewesen, insbesondere bei den Winterackerbohnen.

Literatur

Sauer, B., Fahlbusch, W. & H. Ruppert, 2014: Schlussbericht zum Vorhaben: Möglichkeiten einer ausgeglichenen Spurenelementversorgung von Biogasanlagen durch Mischungen unterschiedlicher Energiepflanzen. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22041611.pdf (besucht 4. Juli 2015).

Thaysen, J., 2011: Ziele Biogassubstratproduktion. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung (Hrsg. DLG e.V.). DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 8. Auflage, 21-22.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 229–230 (2015)

Andenlupinen (*Lupinus mutabilis*) für die Biomasseproduktion – eine leistungsfähige Option

S. R. Roux[1], F. Höppner[2], D. Wiedow[3], N. Kanswohl[3], M. Beck[3] und M. Deyerler[4]

[1]Julius Kühn-Institut, Groß Lüsewitz; [2]Julius Kühn-Institut, Braunschweig; [3]Universität Rostock; [4]Bildungszentrum Triesdorf. E-Mail: *steffen.roux@jki.bund.de*

Einleitung

Im Energiepflanzen-Anbau liegt der Fokus derzeit auf wenigen, leistungsstarken Kulturarten. Dies belastet in der öffentlichen Wahrnehmung sowohl die Verwendung von Ackerkulturen für energetische Zwecke als auch die Landwirtschaft insgesamt. In einem durch die FNR geförderten Projekt untersuchen wir daher Herkünfte der bislang in Deutschland landwirtschaftlich nicht genutzten Andenlupine (*L. mutabilis*) in ihrer Eignung als erneuerbarer Energieträger im Vergleich mit Weißer (*L. albus*) und Blauer Lupine (*L. angustifolius*).

Material und Methoden

Im Jahr 2014 wurden an 3 agrarökologisch divergenten Orten – Groß Lüsewitz (MV), Braunschweig (NI), Triesdorf (BY) – Leistungsprüfungen mit 3 Andenlupinen, 13 Weißen Lupinen und 2 Blaue Lupinen zur Erfassung des Gesamttrockenmasse-ertrags angelegt. Zur Prüfung der Hauptfrucht- bzw. Zweitfruchteignung wurden 2 Aussaattermine verwendet. Zur exakten Beurteilung des Biomassepotenzials wurden die Prüfglieder jeweils individuell bei Erreichen eines definierten Entwicklungsstadiums beerntet. Neben der Ertragserfassung erfolgte die Beurteilung wichtiger agronomischer Merkmale.

An allen Prüforten wurden von der früheren Aussaatvariante jeweils Biomasseproben zur Bestimmung der Biogasausbeute gezogen. Zu deren Ermittlung wurden Batch-Versuche unter Zusatz eines Überschusses von Impfschlamm in 1-Liter Flaschen mit einer Versuchsdauer von ca. 35 Tagen durchgeführt. Das in dieser Zeit gebildete Biogas wurde quantitativ erfasst und qualitativ bzgl. seines Methangehaltes bewertet.

In einem Infektionsversuch wurden die Prüfglieder zusätzlich auf ihre Anfälligkeit gegenüber Anthraknose geprüft. Eine Feldprüfung von pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) in Groß Lüsewitz sollte zudem die Selektion massewüchsiger Formen der Andenlupine für weitere Untersuchungen ermöglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die frühere Aussaatvariante erzielte an allen 3 Standorten höhere mittlere Erträge an Gesamttrockenmasse (GTM) als die spätere Aussaatvariante (Zieltermin 15.05.2014). Am Prüfort Groß Lüsewitz wurden sowohl die höchsten mittleren Erträge der Gesamtversuche als auch die höchsten Maximalerträge erreicht. Mit 180,5 dt/ha und 172,4 dt/ha in den Aussaatvarianten 1 bzw. 2 erzielte eine Herkunft von *L. mutabilis* im Mittel über die Prüforte die höchsten GTM-Erträge (Abb. 1). Die mittleren GTM-Erträge von 4 *L.-albus*-Prüfgliedern lagen in Aussaatvariante 1 über 100 dt/ha, während die geprüften *L.-angustifolius*-Herkünfte in ihren GTM-Erträgen deutlich zurückblieben. Der Trockensubstanzgehalt (TS) zum Schnittzeitpunkt betrug bei der frühen Aussaatvariante 19,9 % – 41,4 %, wobei die leistungsfähigste Andenlupine 20,0 % aufwies. In der frühen Aussaatvariante zeigten die Messungen der Wuchshöhen (Stadium Blühbeginn bzw. 1. Hülsenbildung) signifikante bzw.

hochsignifikante positive Korrelationen mit dem Gesamttrockenmasseertrag auf. Die Blühtermine (Blühbeginn, Termin Hauptblüte bzw. Blühende des Haupttriebes) waren hochsignifikant negativ mit dem TS-Gehalt zum Schnitt korreliert; d. h., je später das Material blühte, desto niedriger war der TS-Gehalt zum Schnitt. Erste Batch-Versuche zur Ermittlung der Biogasausbeute und des Methangehaltes erbrachten für 18 Lupinen-Biomasseproben vom Standort Groß Lüsewitz Biogaserträge zwischen 307 und 582 l_N·kg-1 oS und Methanerträge zwischen 154 und 309 l_N CH4·kg-1 oS bei einem Methangehalt von 51,5 bis 57,7 Vol. %.

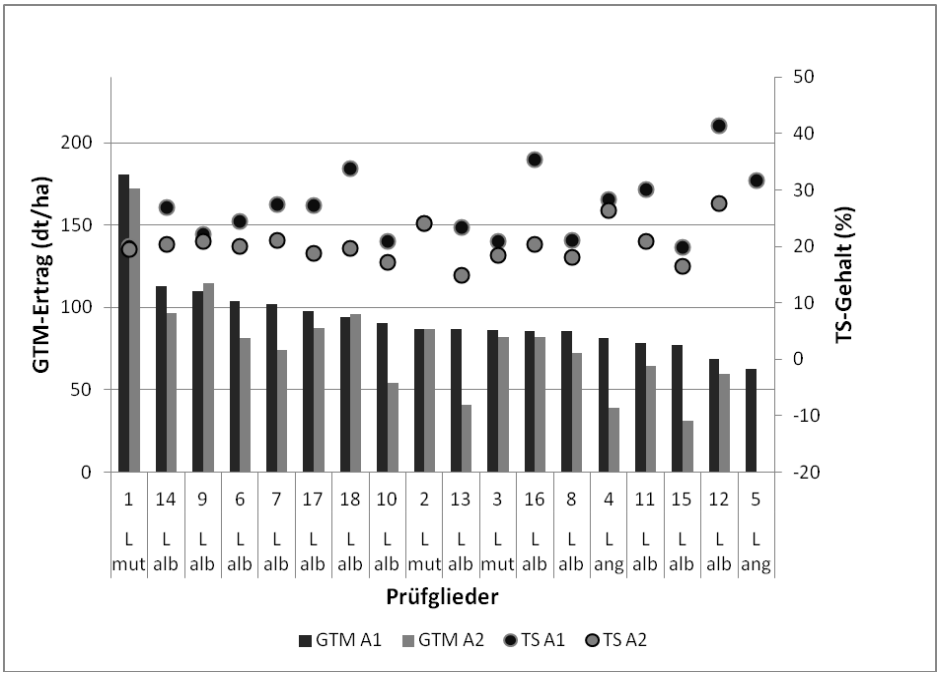


Abb. 1: GTM-Erträge und TS-Gehalte von 3 Andenlupinen (*L. mut.*), 13 Weißen Lupinen (*L. alb.*) und 2 Blauen Lupinen (*L. ang.*) in Aussaatvarianten 1 (A1) und 2 (A2)

Im Anthraknose-Infektionsversuch zeigten bei einer quantitativen Bonitur, die die Ausprägungsintensität von Befallssymptomen berücksichtigt, 4 der 5 GTM-stärksten Prüfglieder einen nur schwachen Befallsgrad auf.

Bei der Evaluierung von PGR der Andenlupine wurden ca. 15 Herkünfte selektiert, die hinsichtlich ihrer Verzweigung, ihres Massewachtums und nach mehrfach durchgeführter Biomassebonitur der Prüfparzellen eine hohe Biomasseleistung erwarten lassen. Die Mehrzahl dieser Akzessionen konnten im Rahmen eines Winteranbaus (2014/15) in Chile zur Produktion von Leistungsprüfungssaatgut für 2016 vermehrt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sowohl unter den untersuchten Andenlupinen wie auch unter den Weißen Lupinen Prüfglieder mit hohen bis sehr hohen GTM-Erträgen und Biogasausbeuten ermittelt werden konnten, die im Falle ihrer Nutzung für die Biomasseproduktion einen tolerablen Befallsgrad gegenüber Anthraknose aufzuweisen scheinen. Aus züchterischer Sicht bietet sich das Merkmal Wuchshöhe als Selektionskriterium für massewüchsige Genotypen an.

Mittelfristig könnte der Einsatz der Andenlupine und der Weißen Lupine die Nutzung ökosystemarer Leistungen im Energiepflanzenanbau fördern und zur Fruchtfolge-Diversifizierung beitragen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 231–232 (2015)

Lösungsansätze für eine Verbesserung der Humusversorgung von Böden im Energiepflanzenanbau

Matthias Willms[1], Jens Eckner[2], Frerich Wilken[3], Michael Glemnitz[1]

[1]Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg; [2]Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, [3]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg. *E-Mail: mwillms@zalf.de*

Einleitung

Der Energiepflanzenanbau mit Verwertung in Biogasanlagen bietet zahlreiche Optionen zur Diversifizierung von Fruchtarten und Anbauverfahren. Diese werden in der Praxis durch die einseitige Fokussierung auf Silomais bislang kaum genutzt. Im Rahmen des Verbundprojektes EVA (Vergleich von optimierten Fruchtfolgen und Anbausystemen von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, gefördert durch das BMEL über die FNR) wurden Anbaumaßnahmen untersucht, die bei hohem Methanhektarertrag eine ausreichende Versorgung des Bodens mit organischer Düngung und Pflanzenrückständen ermöglichen und so den Erhalt der organischen Bodensubstanz als wesentlichem Träger der Bodenfruchtbarkeit sichern. In diesem Beitrag werden sieben Anbaualternativen aufgezeigt und deren Wirkung auf die Humusversorgung geprüft.

Material und Methoden

Untersucht wurden sieben zweijährige Teilfruchtfolgen (Tff) mit Mais in ihrer Wirkung auf die Humusversorgung an den Standorten Dornburg (Thüringen) und Werlte (Niedersachen). Die verwendeten Daten wurden aus dem EVA-Verbundprojekt abgeleitet. Geprüft wurde die Effizienz folgender Maßnahmen im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung: Gärrestdüngung, Gründüngung, Zwischenfruchtanbau und Aufweitung der Fruchtfolge mit Marktfrüchten.

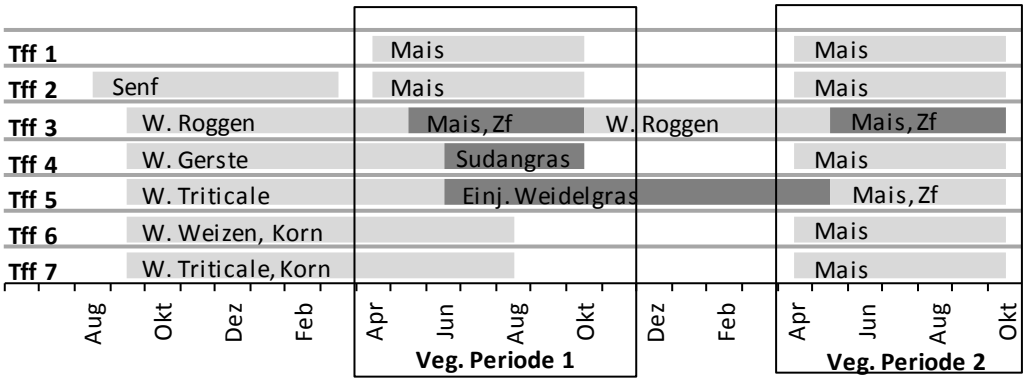


Abbildung: untersuchte Teilfruchtfolgen (Tff) und deren Anbauzeiten, Zf = Zweitfrucht

Die vergleichende Bewertung der Anbaumaßnahmen auf Ihre Humuswirkung erfolgte auf Basis der VDLUFA Humusbilanz von 2014 (VDLUFA, 2014). Mit dieser Bilanzmethode wird die optimale Menge an organischer Substanz quantifiziert unter Gewährleistung hoher Erträge und gleichbleibendem C_{org}-Gehalt. Es wurden die „unteren Werte“ des fruchtartspezifischen Humusbedarfs verwendet. Die Höhe der N-Düngung erfolgte nach den Vorgaben des jeweiligen Bundeslandes. Dabei wurde mit Gärresten maximal 170 kg N ha^{-1} a^{-1} gedüngt und der Rest mineralisch ergänzt.

Der eingesetzte Gärrest hatte in Dornburg Gehalte von 5 % TM und 3,3 kg m^{-3} N_{Ges}, in Werlte 5,9 % TM und N_{Ges} 4,6 kg m^{-3}.

Ergebnisse und Diskussion

Der Methanertrag lag im Mittel der untersuchten Tff in Dornburg niedriger als in Werlte. Teilfruchtfolge 3 als Zweikultur-System (W. Roggen – Mais) erzielte in Werlte mit rund 13.000 m^3_N ha^{-1} die höchsten Gaserträge, während diese Fruchtfolge in Dornburg deutlich schlechtere Gaserträge erzielte (ca. 8.800 m^3_N ha^{-1}). In Dornburg erzielte dagegen Tff 4 den höchsten Methanertrag mit rund 12.000 m^3_N ha^{-1}: Tff 4 ist ebenfalls ein Zweikultur-System mit W. Gerste und Sudangras.

Einen ausgeglichenen Humusbilanz-Saldo (Saldenklasse C) erzielte Tff 2 und 5 an beiden Standorten. Teilfruchtfolge 2 stellt durch den einmaligen Anbau von Senf als Gründüngung aus Sicht der Humusbilanz eine Aufwertung von Tff 1 (Mais-Selbstfolge) dar. Teilfruchtfolge 5 ist eine Aufwertung von Tff 4 durch den Anbau von Einjährigem Weidelgras anstelle von Sudangras. Hier dient die Biomasse der Zwischenfrucht als Biogassubstrat im Gegensatz zu Tff 2 in der der Senf zur Gründüngung angebaut wurde.

Die aus Sicht des Methanertrages sehr effizienten Tff 1, 3, und 4 erzielten niedrige und sehr niedrige Humusbilanzsalden. Diese sind im Laufe der Jahre auszugleichen. Durch den Anbau von Getreide mit Körnernutzung und dem Verbleib des Strohs auf der Anbaufläche ist es möglich, hohe Bilanzsalden zu erzielen, mit denen Defizite anderer Fruchtfolgeglieder ausgeglichen werden können.

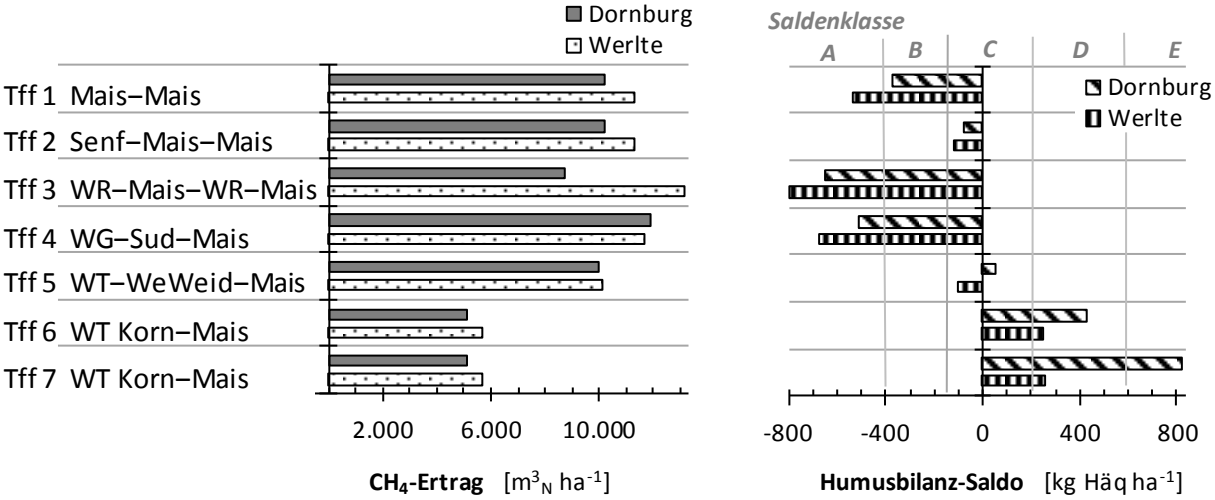


Abbildung: Methanhektarerträge (links) und Humusbilanzsalden (rechts) für 7 Teilfruchtfolgen (Tff) mit Gärrestdüngung. Mit WR – W. Roggen, WG – W. Gerste, WT – W. Triticale.

Aus den Ergebnissen leitet sich ab, dass sich durch geringfügige Umstellungen der Fruchtfolgen erhebliche Änderungen für die Versorgung des Bodens mit organischer Substanz ergeben. Ausgeglichene Humusbilanzen sind durch geeignete Maßnahmen auch bei „maislastigen“ Fruchtfolgen möglich. Dazu gehören: Gründüngung, humusmehrende Zwischenfrüchte, Gärrestdüngung und Verbleib des Strohs auf der Anbaufläche.

Literatur

VDLUFA, 2014: Standpunkt Humusbilanzierung, Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland, Speyer, 20 S.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 233–234 (2015)

Der Einfluss unterschiedlicher Baumarten auf die Unterwuchs-vegetation in Agroforststreifen

Lucie Chmelíková, Harald Schmid und Kurt-Jürgen Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme / Technische Universität München, Freising. E-Mail: *lucie.chmelikova@mytum.de*

Einleitung

Die Unterwuchsvegetation spielt eine große Rolle für die Dynamik und Struktur der Baumstreifen in Agroforstsystemen. Die Vegetation wird von den Standortbedingungen und den Baumarten beeinflusst. Sie ist eine Konsequenz der Auswirkungen der Baumarten auf dem Standort und spiegelt die Umweltbedingungen wider. Vegetation und Deckungsgrad in Agroforststreifen sind ein Ergebnis der langjährigen Bodenruhe und der Auswirkung von Bäumen (Beschattung, Blattabwurf, Baumwurzel usw.). Allelopathische Wirkungen von Baumarten der Gattung Pappel und Robinie sind dafür bekannt, andere Pflanzen zu beeinflussen (Zen et al. 2008). Die Blattstreu beeinflusst auch die Vegetation, z. B. durch die Geschwindigkeit der Zersetzung. Nach Binkley (1992) zersetzt sich die Blattstreu der N-fixierenden Baumarten schneller als die Streu der nicht-N-fixierenden Arten. Das Ziel dieser Untersuchung ist der Vergleich der Auswirkung unterschiedlicher Baumarten im Agroforstsystem auf die Unterwuchsvegetation.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Scheyern wurde der Deckungsgrad der Unterwuchs-vegetation auf zwei Schlägen (langjährig unterschiedlich bewirtschaftet: ökologisch und integriert) in jeweils drei Agroforststreifen untersucht. In den Agroforststreifen wurde alle 30 Meter eine andere Baumart angepflanzt. Für die Untersuchungen wurden Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Pappel Max 3 (*Populus maximowiczii x Populus nigra*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*), Weide Inger (*Salix triandra x Salix viminalis*) und eine Mischung einheimischer Baumarten ausgewählt. Im Jahr 2013 wurde der Deckungsgrad der Vegetation zu zehn Terminen (9.6.-19.10.2013) und im Jahr 2014 im September untersucht. Der Deckungsgrad der Vegetation wurde mit Hilfe eines Rahmens (0,5 x 0,5 m) aufgenommen. Nachdem die Flächen mit den Rahmen fotografiert wurden, wurde an Hand der Fotos der Anteil der grünen Fläche ermittelt. Die Agroforststreifen wurden im Jahr 2009 angepflanzt und im Februar 2013 zum ersten Mal geerntet. Die Ergebnisse wurden dann mit Varianzanalyse mit Messwiederholungen (Repeated-measures ANOVA) und einfacher Varianzanalyse ausgewertet (One-way ANOVA).

Ergebnisse und Diskussion

Der Deckungsgrad hat sich während der Untersuchungsperiode im Jahr 2013 bei allen Baumarten signifikant geändert. Anfang Juni 2013 (nach der Ernte im Februar 2013) wurde der niedrigste Deckungsgrad (öko.: 27,4-51,3%, int.: 29,1-33,8%) bei allen Baumarten festgestellt. Im Juli stieg der Deckungsgrad der Vegetation deutlich an. Mitte bis Ende Juli sank der Deckungsgrad ab (Abb. 1). Bei einigen Baumarten (Schwarzerle, Robinie und Mischung der einheimischen Baumarten) konnte im Herbst ein erneuter Anstieg der Pflanzendeckung beobachtet werden.

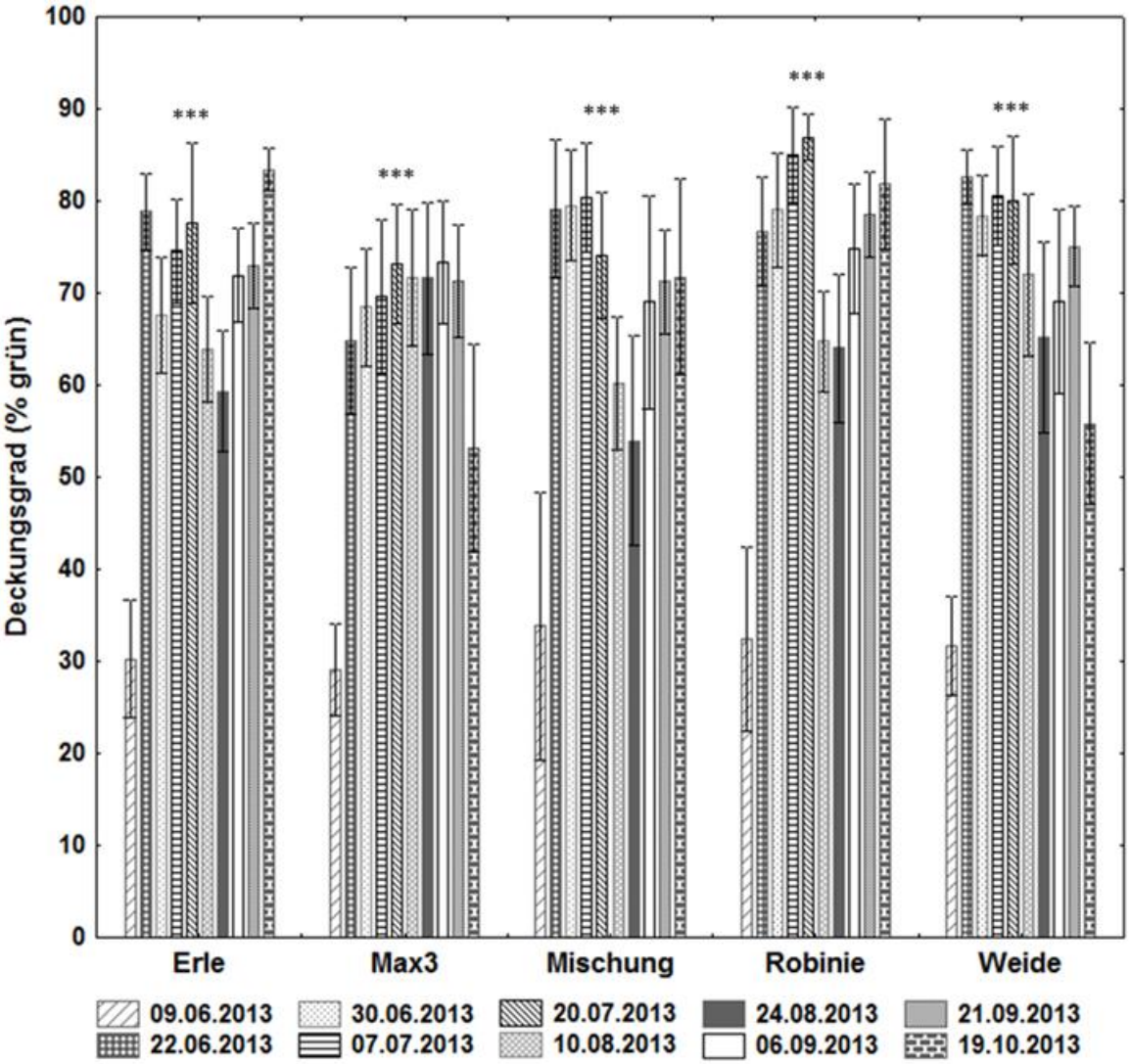


Abb. 1: Entwicklung des Deckungsgrades auf ökologisch bewirtschaften Schlag in Agroforststreifen.

Im Jahr 2014 ist der Deckungsgrad bei allen Baumarten niedriger als im Jahr 2013. Der niedrigste Deckungsgrad wurde auf den Flächen mit Pappeln (öko.: 25,2%, int.: 35%), der höchste Deckungsgrad auf den Flächen mit Robinien (öko.: 65%, int.: 73,9%) gemessen. Die Artenzunahme im Jahr der Ernte und die Artenabnahme im Jahr später haben auch Heilmann et al. (1995) beobachtet.

Die Ergebnisse der Unterwuchsvegetation im Jahr nach der Ernte (2013) zeigen eine deutliche zeitliche Entwicklung unabhängig von der Baumart. Nach dem Wiederaustreiben der Bäume (2014) wirkt sich v.a. die Konkurrenz um Licht und Wasser auf den Bedeckungsgrad aus, was auf eine Auslese der Arten in Richtung auf natürliche Pflanzengesellschaften hindeutet.

Literatur

Binkley D. (1992) Mixtures of nitrogen$_2$-fixing and non-nitrogen$_2$-fixing tree species. In: Cannell M.G.R., Malcol D.C., Robertson P.A. (eds.) The ecology of mixed-species stands of trees. Blackwell, Oxford, p. 99 - 123.

Heilmann B., Makeschin F., Rehfuess K.E. (1993) Vegetationskundliche Untersuchungen auf einer Schnellwuchsplantage mit Pappeln und Weiden nach Ackernutzung. Forstw. Cbl. 114: 16 - 29.

Zeng R.S., Mallik A.U., Luo S. (2008) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. Springer Science + Business Media, LLC, New York, p. 389.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 235–236 (2015)

Improved potassium fertiliser recommendation for grasslands in the Netherlands

Bussink, D.W.[1], Van Middelkoop, J.C.[2], Holshof, G.[2] and Van Der Draai, H[1].

[1]Nutrient Management Institute, Wageningen; [2]Wageningen UR Livestock Research, Wageningen.
Wim.Bussink@nmi-agro.nl

Introduction

The Dutch K fertiliser recommendation system for grassland is mainly based on 60-80 year old trials (Van der Paauw, 1943). In later years these results were extrapolated to the actual grassland management of the 1970ties and 1980ties. A K-index number (0.1M HCl soil extraction plus a correction for soil organic matter) was used to predict soil K supply. Van Rotterdam (2010) showed that measuring available K with 0.01M $CaCl_2$ soil extraction in combination with the CEC is a better indicator for soil K supply. Therefore in 2011 a 2 year K fertiliser trial on many locations was perfomed using the findings of Van Rotterdam. The results have lead to a new recommendation system which was introduced in the autumn of 2014.

Materials and Methods

The setup was *seasonal* trials at 3 locations and *small* trials during the 1st and 2nd cut on 11 locations in 2011 and 13 in 2012 with 2 sites per location. The small trials had in total respectively 20, 14 and 14 sand, clay and peat sites. These varied strongly in K-availability, CEC and other soil characteristics (Table 1). A site had 3 treatments: 2 cattle slurry levels (0 and 30 m^3 ha^{-1}) and 2 N (60 and 120 kg ha^{-1}) and 2 K fertiliser levels (0 and 60 kg K_2O ha^{-1}). This setup resulted in K-levels of: 0, 60, 90 and 150 kg K_2O ha^{-1}. Adequate supply of phosphate and sulphur was assured. The 2nd cut received only 30 kg fertiliser N ha^{-1} to measure the residual K effect and. Dry matter (DM) yield and K uptake of both cuts were determined to derive the optimum K-dose. The seasonal trials were on sand, clay and peat and were layed out as a randomized block design (in duplicate). The soil K-status was relatively low. In 2012 other sites were used than in 2011 (Holshof and Van Middelkoop, 2014). There were 3 N levels: 0, 180 and 360 kg ha^{-1} and K levels varying between 0 and 600 kg K_2O ha^{-1} yr^{-1}.
Five cuts were harvested annually. Fertilisation took place with mineral fertiliser.

Table 1. An overview of the soil analysis results of the 54 trial sites.

	clay	OM	CEC	NLV	K*	Mg*	P*	pH*
	g kg^{-1}	g kg^{-1}	$mmol^+$ kg^{-1}	kg N ha^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	-
min	10	11	46	61	32	23	0.3	4.6
mean	148	116	205	181	114	272	2.1	5.9
max	490	257	442	250	317	510	9.3	7.3

* based on extraction 0.01 M $CaCl_2$; OM = organic matter; NLV = N supply of the soil

Results and discussion

Average yields in the small trials for the 1st cut were respectively, 4.9 and 5.2 ton DM ha^{-1} in 2011 and 2012, with large variations between locations. The 2nd cut had an average yield of 2.3 ton DM ha^{-1}. The variation in K content was high but on average adequate; 80% was above the critical level of 20 g K kg^{-1} DM (Whitehead, 2000). The

small trials clearly demonstrated yield responses to the level of N and K fertilisation (Table 2), which were dependent on soil conditions. The 1st cut effects were also

Table 2. Grass yield (kg DM ha^{-1}) in the 1st and 2nd cuts, disaggregated into with and without mineral K_2O fertiliser and cattle slurry for 2 N fertiliser levels in the 1st cut.

K_2O fertiliser	Cattle slurry	N-rate 1st cut		N-rate 2nd cut	
		60 kg ha^{-1}	120 kg ha^{-1}	60* kg ha^{-1}	120* kg ha^{-1}
0	no	4,586 (83)	5,118 (93)	2,128 (85)	2,282 (91)
0	yes	4,947 (90)	5,453 (99)	2,346 (94)	2,449 (98)
60	no	4,799 (87)	5,249 (95)	2,205 (88)	2,284 (91)
60	yes	5,213 (95)	5,507 (100)	2,279 (91)	2,501 (100)

* the applied amount was 30 kg N ha^{-1}.

measured in the 2nd cut, but diminised. The small and seasonal trials showed that in most cases optimum yield in the 1st cut was achieved with 60 kg K_2O ha^{-1}, with an extra yield of up to 650 kg DM ha^{-1} for heavy cuts. In the seasonal trials the annual yield increase was respectively 2, 1.5 and 0.3 ton DM ha^{-1} when 500 kg K_2O ha^{-1} was applied. Treatments receiving K fertiliser in the 1st cut and no K in the rest of the year, gave a higher DM yield in all cuts compared to the treatments without any K fertiliser. Crop yield was satisfactorily explained by included soil and fertiliser parameters (R^2_{adj}=87%) such as the effective amount of applied N from fertiliser and cattle slurry (N_{eff}) and K_2O (K_2O_{eff}) and CEC and 0.01 M $CaCl_2$ extractable K in soil (K). The interaction between K_2O_{eff} and CEC, and between K_2O_{eff} and K were also significant ($P<0.05$). Organic matter and clay content were not significant. There was no interaction between K_{eff} and N_{eff}. This pattern was also found for K-uptake. The derived statistical (Figure 1) relationship for yield was used to develop a K-recommendation in which K_{eff} should result at least in 4 kg extra DM ha^{-1} per kg K_{eff} per cut.

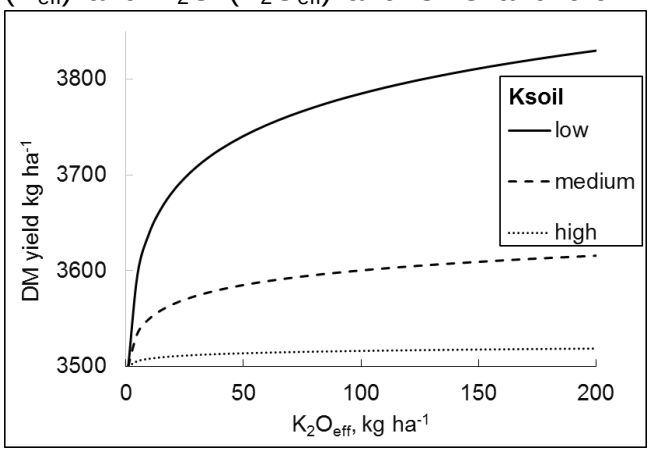


Figure 1. K-response on sandy grassland for different K statuses of the soil (Ksoil).

The old and improved recommendation were compared via analysis of a dataset of 2,800 soil samples. The analysis showed that for a normal (3,500 kg DM ha^{-1}) and a heavy (>4,500 kg DM ha^{-1}) 1st cut on average 42 and 66 kg K_2O ha^{-1} is needed for the improved recommendation, which is much lower than in the old system.

References

Holshof, G. and Van Middelkoop, J.C. (2014) Towards a new potassium fertilization recommendation in the Netherlands. In: Proceedings of the EGF 2014 - EGF at 50: the future of European Grassland. p. 245 -247.

Van der Paauw F (1943) Grondonderzoek naar fosfaat- en kalitoestand op grasland. Algemene Landsdrukkerij. 's Gravenhage 1943. VLO 49 (17A), pp 958 – 1012.

Van Rotterdam-Los A.M.D. (2010). The potential of soils to supply phosphorus and potassium; processes and predictions. PhD thesis Wageningen University, pp 141.

Whitehead D.C. (2000). Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships. CABI publishers. 369 pages.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 237–238 (2015)

Anteile von Haupt- und Zwischenfrüchten auf Praxisbetrieben des ökologischen Landbaus

Irene Jacob, Regina Schneider und Peer Urbatzka

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Freising. E-Mail: *Irene.Jacob@LfL.Bayern.de*

Einleitung

Bisher fehlen für Bayern repräsentative Abbildungen von praxisüblichen Fruchtfolgen ökologisch wirtschaftender Betriebe in den jeweiligen Boden-Klima-Räumen. Deren Kenntnis ist einerseits für die landwirtschaftliche Beratung, andererseits auch für das Versuchswesen hilfreich, um praxisnahe Forschung im Pflanzenbau zu planen und durchzuführen. Durch die Erhebung dieser Daten sollen typische Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus in Bayern abgeleitet werden können. Dazu gehört auch die Kenntnis über angebaute Zwischenfrüchte. In einer ersten Auswertung werden die Anteile der Fruchtarten in Haupt- und Zwischenfruchtstellung dargestellt.

Material und Methoden

Die Daten wurden in Zusammenarbeit mit den ökologischen Erzeugerringen in Bayern (Biokreis, Bioland, Demeter, Naturland) von insgesamt 964 feldstückbezogenen Fruchtfolgen durch Betriebsumfragen von 2009-2013 erhoben. Dabei wurden maximal zwei Schläge pro Betrieb erfasst. Der Erhebungszeitraum beträgt je Feldstück zehn Jahre und umfasst soweit verfügbar auch die Daten zum Zwischenfruchtanbau. Die Auswertung erfolgt nach der Art des Betriebstyps (Ackerbau, unter 0,3 GV/ha; mäßiger (0,3-1,0 GV/ha) bzw. starker (> 1,0 GV/ha) Viehbesatz Monogastrier bzw. Wiederkäuer). Im Folgenden sind Ergebnisse zu Ackerbaubetrieben (AB) und wiederkäuerhaltenden Betrieben mit starkem Viehbesatz (WK-vs) dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

45,9 % der Fruchtfolgen wurden auf Ackerbaubetrieben, 47,2 % auf wiederkäuer- bzw. 6,9 % auf monogastrierhaltenden Betrieben erhoben, wobei erwartungsgemäß deutliche Unterschiede beim Anteil der Kulturarten über die Betriebstypen vorliegen. Dies zeigt sich v. a. im Getreideanteil (inkl. Körnermais 56,9 % AB, 43,9 % WK-vs), aber auch im Anteil von Kleegras (Abb. 1). Der Anteil der Fruchtfolgen mit Kleegras/Kleereinbestand liegt bei 88,0 % (AB) bzw. 95,5 % (WK-vs), wovon 38,3 bzw. 82,3 % mehrjährig genutzt werden.

Im Mittel über alle Betriebstypen wurde auf 67,5 % der Flächen in 10 Jahren mindestens eine Zwischenfrucht angebaut. In den viehstarken Wiederkäuerbetrieben werden in 45,3 % der Fruchtfolgen keine Zwischenfrüchte angebaut, bei den Ackerbaubetrieben liegt der Anteil mit 36,7 % darunter. Hauptsächlich werden sowohl bei AB als auch WK-vs Gemenge aus legumen und nicht legumen Fruchtarten, Kleegras/Kleereinbestände, Senf als Reinsaat und Gemenge ohne Leguminosen verwendet (Tab. 1). Bei den als Zwischenfrucht angebauten Gemengen bestehen 48,2 (AB) bzw. 51,2 % (WK-vs) aus Mischungen aus zwei Komponenten.

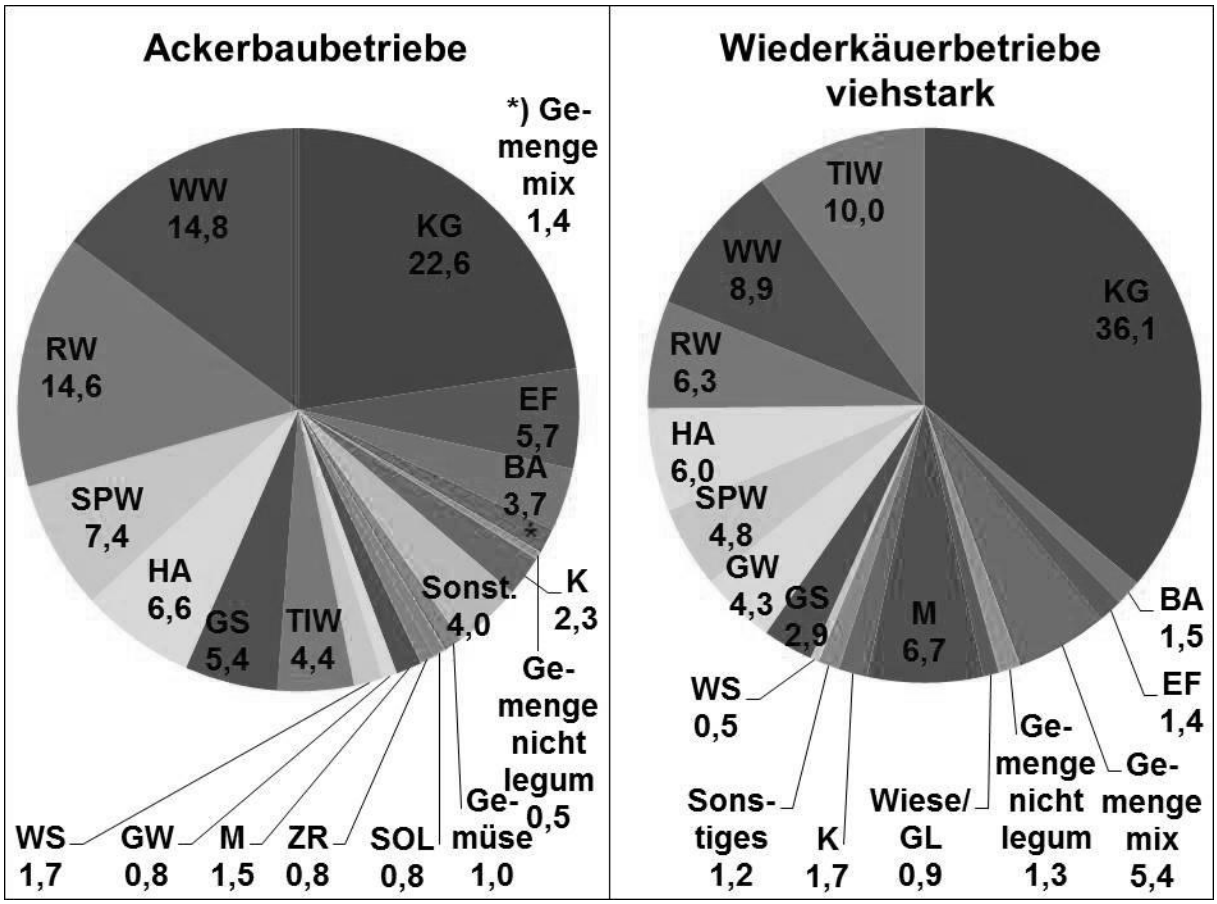


Abb. 1: Anteil der Hauptfruchtarten (%) von Ackerbaubetrieben (N=442) und wiederkäuerhaltenden Betrieben mit starkem Viehbesatz (N=201). WW = Winterweizen, RW = Winterroggen, SPW = Spelzweizen, HA = Hafer, GS = Sommergerste, TIW = Wintertriticale, WS = Sommerweizen, GW = Wintergerste, M = Mais, ZR = Zuckerrüben, SOL = Sonnenblumen, K = Kartoffel, BA = Ackerbohne, EF = Futtererbse, KG = Kleegras/Kleereinbestand, GL = Grünland, Gemenge mix = Gemenge aus legumen und nicht legumen Fruchtarten.

Tab. 1: Anteil (%) der zehn häufigsten Zwischenfrüchte.

Ackerbaubetriebe		Wiederkäuerbetriebe viehstark	
Zwischenfrucht	**Anteil (%)**	**Zwischenfrucht**	**Anteil (%)**
Gemenge mix	30,1	Kleegras/Kleereinbestand	29,2
Kleegras/Kleereinbestand	20,5	Gemenge mix	24,8
Senf	13,1	Senf	16
Gemenge nicht legum	10,4	Gemenge nicht legum	11,2
Futtererbse	7,2	Gemenge legum	5,2
Ackerbohne	6,3	Futtererbse	4,8
Gemenge legum	4,4	Gemenge ohne Angabe	1,2
Ölrettich	3,2	Winterrübsen	1,2
Sommerwicke	2,1	Phacelia	1,2
Gemenge ohne Angabe	1,4	Ackerbohne	1,2

Gemenge mix = Gemenge aus legumen und nicht legumen Fruchtarten.

In weiteren Auswertungen sollen typische Fruchtfolgemuster identifiziert werden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 239–240 (2015)

Einfluss des Erntetermins von Winterraps auf den Kornertrag in Abhängigkeit von Sorte und Behandlungsintensität

Franz-Ferdinand Gröblinghoff und Bernhard C. Schäfer

FH Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. Email: *groeblinghoff.franz-ferdinand@fh-swf.de*

Einleitung

Der Erntetermin von Winterraps fällt in der Regel mit der Winterweizenernte zusammen. Dieser Umstand führt zu erheblichen Arbeitsspitzen, häufig müssen die Mähdrescher mehrfach für das jeweilige Erntegut umgerüstet werden. Aus diesem Grund wäre eine Verzögerung der Abreife des Rapses bis nach der Weizenernte wünschenswert. Andererseits werden dann erhöhte Ausfallverluste durch Witterungsereignisse und die Erntemaschinen selbst befürchtet.

Material und Methoden

In einer dreijährigen Versuchsserie auf dem Versuchsgut Merklingsen, der Fachhochschule Südwestfalen, Soest wurde untersucht, ob eine ausreichende Reifeverzögerung durch Verwendung von späten Sorten, der Ausnutzung des Greeningeffekts von Fungiziden und dem Pflanzenstärkungsmittel Spodnam DC, das die Platzfestigkeit der Schoten verbessern soll, erreicht werden kann.
Vier Sorten (Visby (frühreif), Comfort (mittel), Genie (mittel), Exocet (mittelspät)) mit drei Intensitätsstufen der Blütenbehandlung (Standard (Cantus Gold, 0,5 l/ha, EC 65), Fungizid-Splitting (Cantus Gold 2*0,35 l/ha, EC 63/64 + ca. 10 Tage später + Spodnam DC, 1,25 l/ha, EC 75), wie 2 + Sikkation EC 80) wurden angebaut und zu zwei Terminen (normal: orientiert an der Abreife der Sorte Visby und spät: nach Abschluss der Weizenernte) geerntet.

Ergebnisse und Diskussion

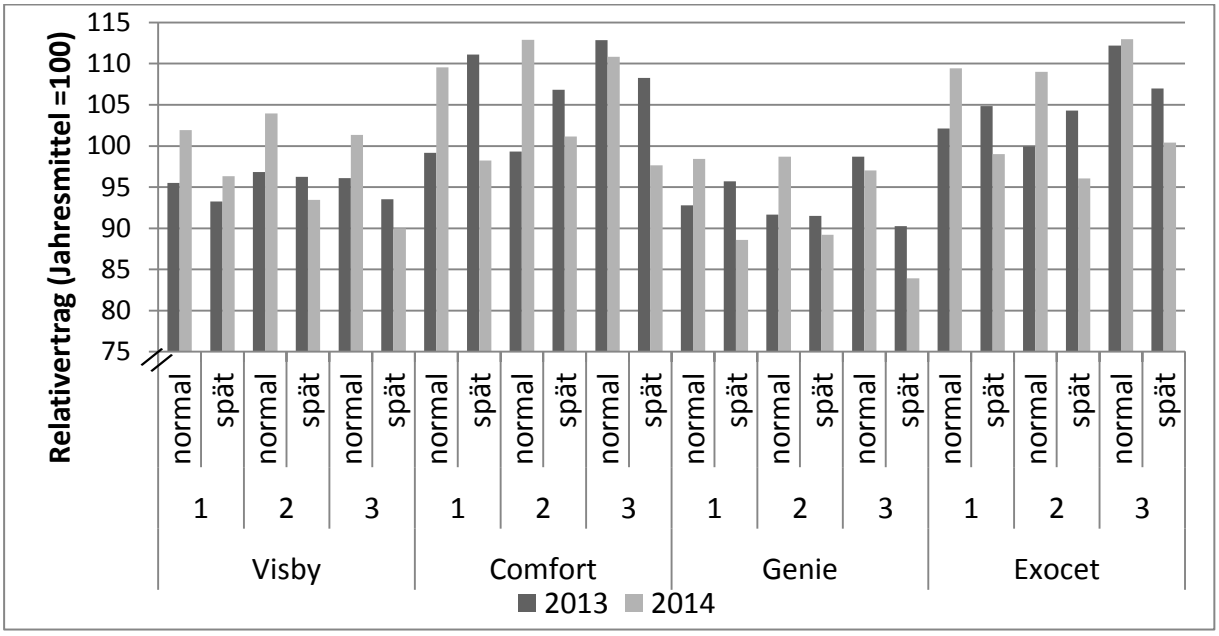


Abb. 1: Einfluss von Behandlungsintensität und Erntetermin auf den Ertrag von Rapssorten relativ zum Jahresmittel (2013 = 48,0 dt/ha, 2014 = 53,8 dt/ha)
(Ernte: normal 7.8.2013, 19.7.2014, spät 20.8.2013, 11.8.2014; Intensität: 1 = Standard, 2 = Splitting+Spodnam DC, 3 = 2 + Sikkation am 17.7.2013 bzw. 4.7.2014. (GD 5 % = 3,0 %)

2013 zeigt sich die Sorte Visby sehr ertragsstabil hinsichtlich der Intensitätssteigerung und der Erntetermine. Die Sorten Comfort, Genie und Exocet erreichen mit der Standardbehandlung bei verzögerter Ernte höhere Erträge, die durch Fungizidsplitting und Spodnam-Einsatz nicht verbessert werden. Durch die Sikkation werden schon zum normalen Erntetermin bei den späteren Sorten Comfort, Genie und Exocet gleich hohe Erträge erreicht wie bei den nicht sikkierten Varianten zum späteren Erntetermin. Beim späten Erntetermin sind die Erträge mit Sikkation bei diesen Sorten signifikant niedriger als beim normalen Termin.
2014 ist bei allen Sorten der Ertrag bei der späten Ernte signifikant niedriger im Vergleich zur früheren Ernte. Beim normalen Erntetermin sind mit Ausnahme der Sorte Exocet keine generellen Effekte der Intensitätssteigerung feststellbar. Nur bei der späten Sorte Exocet werden wie 2013 durch die Sikkation höhere Erträge ermittelt. Mit Ausnahme der Sorte Exocet zeigen bei später Ernte wieder die sikkierten Varianten signifikant niedrigere Erträge als die gleich behandelten aber nicht sikkierten Varianten.

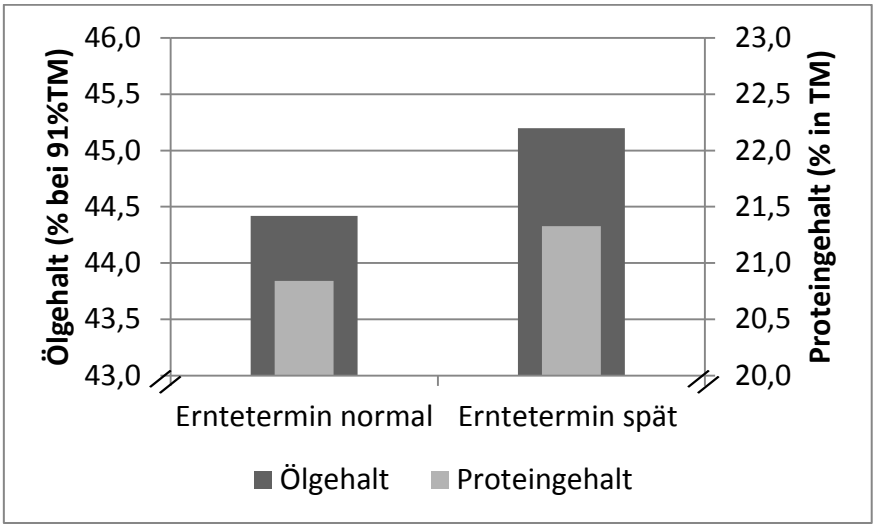


Abb. 2: Einfluss des Erntetermins auf den Öl- und Proteingehalt von Raps im Mittel von vier Sorten im Jahr 2014 (GD 5 % Erntetermin: Ölgeh. 0,30 %, Proteingeh. 0,29 %)

Der Öl- und Proteingehalt wird durch die Intensitätssteigerung nicht beeinflusst, es sind 2014 neben den der BSA-Einstufung entsprechenden Sortenunterschieden (nicht gezeigt) nur Ernteterminеffekte feststellbar. Die vom ersten zum zweiten Erntetermin noch um ca. 0,8 % bzw. 0,5 % steigenden Öl- und Proteingehalte sprechen für eine zu früh terminierte Rapsernte beim ersten Termin.
Durch den Einsatz spätreifer Sorten und vor allem das Abwarten der Ausreife der Schoten im unteren Teil des Schotenpakets kann der Erntetermin um ca. 2 Wochen nach hinten verschoben werden. Ein Vorteil des Fungizidsplittings und des Einsatzes von Spodnam DC zur Verbesserung der Schotenplatzfestigkeit ist in der vorliegenden Versuchsserie nicht erkennbar. Allerdings steigt das Ertragsrisiko deutlich an, wenn witterungsbedingt eine zusätzliche Verzögerung des späten Erntetermins eintritt, 2014 steigen dadurch die mittleren Ertragsverluste auf 10,4%. Das steigende Risiko wird auch an den höheren Ernteverlusten der sikkierten Varianten beim späten Erntetermin deutlich.
Eine umfassendere Diskussion erfolgt unter Einbeziehung der Ergebnisse des dritten Versuchsjahres 2015 im Rahmen der Posterdemonstration.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 241–242 (2015)

Treibhausgasemissionen im Energiepflanzenanbau Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Fruchtfolgegestaltung und Anbauverfahren – Ergebnisse aus dem EVA- Projekt

Jens Eckner[1], C. Peter[2]

[1]IThüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena
[2]Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V.(ZALF), Müncheberg
E-Mail: *jens.eckner@tll.thueringen.de*

Einleitung

Für die Umsetzung des Klimaschutzprogramms der Bundesrepublik, welches eine Verringerung der deutschen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) von 1990 bis 2020 um 40% vorsieht, ist es maßgeblich notwendig auch für die Bereitstellung von Biogassubstraten Ansätze für nachhaltige Produktionswege aufzuzeigen. Die Exaktversuche und weiterführende Untersuchungen des EVA-Projektes bieten eine umfassende Datenbasis um regionalisierte Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Material und Methoden

Das EVA-Projekt vergleicht bundesweit an 11 Standorten verschiedene Energiepflanzenfruchtfolgen auf standortbezogene Produktivität. Neben pflanzenbaulicher Anbaueignung werden ökonomische und ökologische Leistungen und Folgen analysiert und bewertet. Am Thüringer Standort Dornburg laufen diese Parzellenversuche seit 2005. Umfangreiche Parametererhebungen und Datenerfassungen ermöglichen eine vergleichende Bewertung der Fruchtarten, Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsstrategien hinsichtlich verschiedener Indikatorgrößen.
Die Modellierungen erfolgen versuchsbezogen unter Nutzung der erhobenen Parameter bei der tatsächlichen Bewirtschaftung mit dem Model MiLA (Model for integrated Life Cycle Assessment for Agriculture, ZALF). Regionale Standortparameter werden als Sensivitäten in die Bewertung integriert.

Ergebnisse und Diskussion

Unterschiedliche Fruchtfolgeausgestaltungen weisen variierende Emissionen von CO_2-Äquivalenten in Bezug auf Fläche (ha) und Energieoutput (GJ CH_4) auf.
Geschlossene Nährstoffkreisläufe durch Gärrestdüngung verringern die gekoppelten Treibhausgasemissionen. Demzufolge können bei gleichem Ertragsniveau mit vollständiger Substitution der Mineraldüngung durch Gärrestdüngung die Gesamtemissionen auf unter 50% gesenkt werden (s.Abb. 1). Damit wird die energieaufwendige Mineraldüngerherstellung wird als Hauptemissionsquelle von klimaschädlichen Gasen in der Landwirtschaft bestätigt. Auch die Kombination der Düngungsform (50/50) zeigt Einsparungspotentiale. Jedoch bedingen die mehrfach geteilten Stickstoffgaben vergleichsweise höhere Feldemissionen.
Im Vergleich der Bodenbewirtschaftungssysteme sind für den Standort Dornburg mit reduzierter Bodenbearbeitung nur geringe Einsparungspotentiale auszumachen.

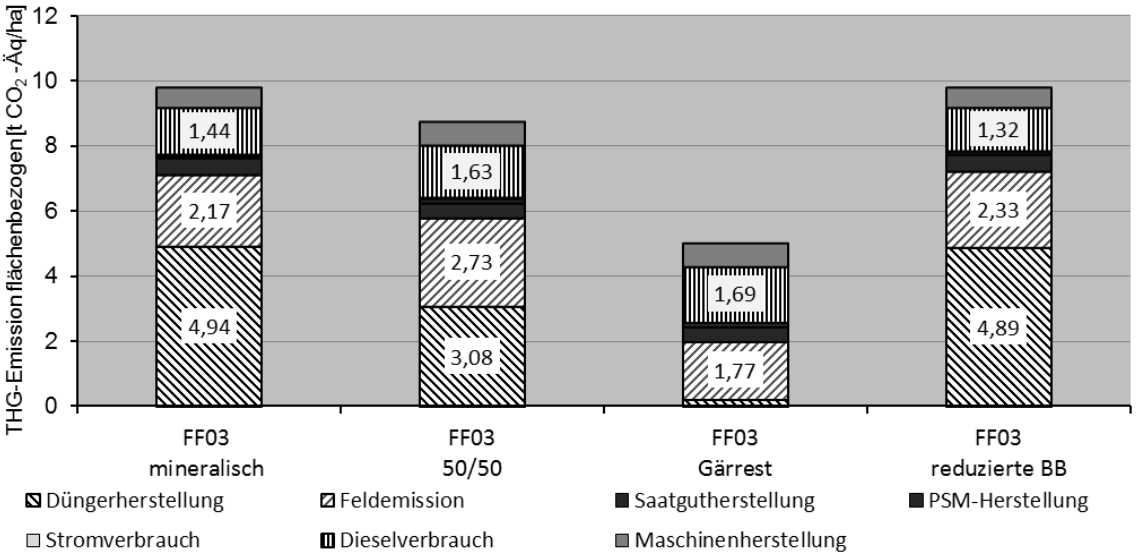


Abbildung 1: THG-emissionen nach Kategorien, Standort Dornburg, 2009-2012, verschiedene Bewirtschaftungsstrategien

Schon bei der Anbauplanung für die Bereitstellung von Biogassubstraten kann das Ziel der Treibhausgasemissionseinsparung Berücksichtigung finden. Einer angepassten Fruchtfolgeplanung kommt eine Schlüsselfunktion zu. Extensivierungsansätze mit mehrjährigem Luzernegras (Ackerfutter) bei geringem Stickstoffaufwand, aber auch intensiv geführten Fruchtarten mit hohem Ertragspotential und hoher N-Effizienz lassen vergleichsweise geringen produktbezogene Emissionen erwarten. Die hohe Anbaueignung des Luzernegrases und der Wintertriticale für den Standort Dornburg bestätigte sich.
Das Bewirtschaftungsmanagement nach dem Grundsatz des Erhalts und der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit muss, neben Emissionsminderungsansätzen alle Säulen der Nachhaltigkeit berücksichtigen.

Literatur

Bundesregierung. (2002). Nationale Nachhaltigkeitstrategie. Von http://bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Nachhaltigkeitsstrategie-langfassung.pdf abgerufen

Eckner, J., Strauss, C., Nehring, A., & Vetter, A. (2013). Abschlussbericht zum Teilprojekt 1 "Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime" (FKZ: 22013008). Jena: TLL.

Glemnitz, M., Willms, M., Platen, R., Specka, X., Peter, C., von Buttlar, C., et al. (2013). Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II: "Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus" (FKZ 220-131-08). Müncheberg: ZALF.

Leopoldina. (2013). Bioenergie- Möglichkeiten und Grenzen. Von http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_DE.pdf abgerufen

Peter, C., Fiore, A., Nendel, C., & Xiloyannis, C. (2014). Improving the accounting of land-based emissions in Carbon Footprint of agricultural products: comparison between IPCC Tier 1, Tier 2 and Tier 3 approches. San Francisco, USA: 9th International Conference LCA of Food.

Schweizer Zentrum für Ökoinventare. (2013). Ecoinvent-Datenbank v.3.0. Von http//www.ecoinvent.org/database/ abgerufenLiteratur

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 243–244 (2015)

Ökonomische Vorzüglichkeit von Anbausystemen mit reduziertem Faktoreinsatz zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Ackerflächen

Janine Müller, Peter Kornatz und Joachim Aurbacher

Justus -Liebig-Universität, Juniorprofessur für Landwirtschaftliche Produktionsökonomik Gießen
E-Mail: *Janine.Mueller@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Im Rahmen des EVA-Projektes (Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands) werden standortangepasste Anbausysteme in Form von mehrjährigen Fruchtfolgen entwickelt und in langjährigen Versuchen getestet. Zu den thematischen Schwerpunkten gehören Fruchtfolgen, die auf eine gewässerschonende Bewirtschaftung optimiert wurden. Insbesondere die Variante zum reduzierten Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln ist mit Blick auf die die aktuellen politischen Entwicklungen (vgl. Wasserrahmenrichtlinie) von besonderem Interesse. Ziel dieses Aspektes ist es, ökonomische Trade-off-Beziehungen zwischen konventionellen und gewässerschutzoptimierten Fruchtfolgen aufzuzeigen und Strategien für die ökonomische Anreizbildung (z.B. Ausgleichszahlungen) zu entwickeln.

Material und Methoden

Die Ergebnisse dieses Beitrages stammen aus den Pflanzenschutzmittel (PSM)- und Düngereduktionsversuch am Standort Ascha in Bayern. Für die Bestimmung der ökonomischen Auswirkungen des reduzierten Faktoreinsatzes wurden zusätzlich zum Standardversuch die Varianten *30kg reduzierte Stickstoffdüngung* und *30kg reduzierte N-Düngung kombiniert mit dem Verzicht auf PSM* untersucht. Der Fruchtfolgeversuch startete im Jahr 2005. Bislang sind vier Rotationen abgeschlossen und die fünfte und sechste Anlage mit gleichem Versuchsdesign befindet sich derzeit im Anbau und werden 2016 bzw. 2017 mit Winterweizen als Kornnutzung abgeschlossen. Die Berechnungen der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAKfL) basieren auf den Versuchserträgen und spezifischen Annahmen zu Kosten und Leistungen. Kostenseitig liegen Werte des KTBL (2014) zu Grunde. Auf der Leistungsseite wurden spezifische Methanerträge (ATB, 2014) und Marktfruchtpreise verwendet. Weitere Angabe zur Berechnung sind dem Abschlussbericht des Projektes (AURBACHER ET. AL 2014) zu entnehmen.

Die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistungen wurden jeweils für alle Fruchtfolgeglieder berechnet. Die Fruchtfolge besteht aus sechs Fruchtfolgegliedern: Mais als Ganzpflanzensilage (GPS), Winterroggen (GPS), Sudangras (GPS), Wintertriticale (GPS), Weidelgras (GPS) und Winterweizen in Kornnutzung. In der fünften und sechsten Anlage wurde der Fruchtfolge noch Senf als Gründüngung vorangestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Auswertung zeigen sich witterungsbedingt erhebliche Schwankungen zwischen den Anlagejahren. Dies gilt sowohl für die Standardversuche als auch für die reduzierten Varianten. Generell lässt sich aus den vier abgeschlossenen Rotationen die Aussage ableiten, dass die alleinige Reduzierung der Düngemittelmenge nur einen sehr geringen Einfluss auf den mittleren Ertrag und somit auf die ökonomische Leistungsfähigkeit einer bestimmten Fruchtart innerhalb der geprüften Fruchtfolge hat. Im Mittel über alle vier Jahre zeichnet sich der Mais als Ganzpflanzensilage bei reduzierter Stickstoff-Düngung durch leicht erhöhte DAKfL aus. Im Schnitt liefert diese Variante einen Mehrerlös von 45€/ha gegenüber der Standardvariante. Sowohl Winterroggen als auch Sudangras reagieren mit monetären Verlusten von -26 €/ha bzw. -47 €/ha auf die Reduzierung der Stickstoffmenge. Für Wintertriticale, Weidelgras und Winterweizen gilt analog zu Mais, dass sich eine Reduzierung der Stickstoffmenge positiv auf die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistungen auswirkt. Im Schnitt der vier abgeschlossenen Rotationen generiert Wintertriticale ein Plus von 14 €/ha, Weidelgras 25 €/ha und Winterweizen sogar 57 €/ha. In Bezug auf die Fruchtfolge ergibt sich auch hier eine positive Verschiebung der DAKfL zu Gunsten der reduzierten Variante. Dies ist auf die geringeren Kosten für Düngemittel und Ausbringung und die annähernd gleichen Erträge im Vergleich zur Standardvariante zurückzuführen.

Der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel geht allerdings mit erheblichen Einbußen grade bei Mais (-775 €/ha) und Sudangras (-113 €/ha) im Vergleich zur Standardvariante einher. Dies ist dem Eintragseinbruch durch den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel geschuldet und kann durch die kostenseitige Einsparung nicht kompensiert werden. Aus diesem Grund wurde in der aktuellen dritten Projektphase auch auf die Weiterführung dieser Variante verzichtet. In der fünften und sechsten Anlage wird die Reduktion der Stickstoffmenge einer standortüblichen 100 % Düngungsvariante gegenübergestellt. Auch wurde auf Grund der Ergebnisse aus Ascha beschlossen, die Prüfung des reduzierten Faktoreinsatzes auch auf den übrigen Versuchsstandorten (EVA-Verbund, 2015) durchzuführen. Dies dient der besseren Abschätzung der standörtlichen Einflussnahme und soll eine großflächigere Übertragbarkeit in die Praxis ermöglichen. Konkrete Aussagen auf anderen Standorten lassen sich jedoch erst nach Beendigung mindestens einer Rotation treffen.

Literatur

ATB (2014): Relative Biogasausbeuten der EVA-Fruchtarten (Biogasmatrix) Arbeitspapier zur projektinternen Verwendung, Potsdam, 2014

Aurbacher, J., Kornatz, P. und Müller, J. (2014): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den Verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II, Teilvorhaben 3: Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen (Ökonomische Begleitforschung) - Abschlussbericht, Gießen.

EVA-Verbund 2015: Homepage des Forschungsprojektes http://eva-verbund.de/home.html Stand: 07.07.2015

KTBL (2014): Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15, Darmstadt, 2014

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 245–246 (2015)

Umwelteinfluss von Winterraps in Abhängigkeit von der Anbauintensität in der Fruchtfolge und der N-Düngung

H. Hegewald [1], B. Koblenz [1], M. Wensch-Dorendorf [2] und O. Christen [1]

[1]Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ Ökologischen Landbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; [2]Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/Professur für Pflanzenzüchtung/Arbeitsgruppe Biometrie und Agrarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
E-Mail: *hannes.hegewald@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Neben der Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit ausreichend Nahrungsmitteln soll die landwirtschaftliche Produktion auch einen Beitrag zum steigenden Energiebedarf leisten und gleichzeitig umweltschonend produzieren. Die Umweltpolitik der Europäischen Union fördert dabei die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Biodiesel aus Rapsöl (2009/28/EC). Verbunden mit der finanziellen Subvention ist die Rapsanbaufläche in Europa stark angestiegen. Diese Entwicklung zeigt sich insbesondere in Deutschland. Die Rapsanbaufläche wurde seit dem Jahr 1990 verdoppelt und umfasst heute annähernd 1,5 Millionen ha. Während dieser Zeit verblieb die gesamtdeutsche Anbaufläche auf 13 Millionen ha (FAO Stat, 2015). Demzufolge sind der Anteil von Raps in der Fruchtfolge und die Anbaukonzentration in der Kulturlandschaft angestiegen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf der Versuchsstation Etzdorf (Sachsen-Anhalt, 11° 45.443‘E, 51° 26.095‘N) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Jahr 2002 angelegt. Für die Erntejahre 2013 und 2014 bestand eine mittlere Lufttemperatur von 8,6°C und 10,3°C sowie eine Niederschlagssumme von 476 mm und 507 mm. Der Versuch basiert auf der Fruchtfolge Winterweizen (WW)-WW-WW-Winterraps (WRa)-WRa-WRa und einer WRa-Monokultur. Somit ergaben sich erstmals im Jahr 2005 vier unterschiedliche Vorfruchtkombinationen (VFK) vor Winterraps: WW-WW (erster WRa), WW-WRa (zweiter WRa), WRa-WRa (dritter WRa) und die WRa-Monokultur.
Im Jahr 2013 wurden in dem Versuch die Düngestufen 120 kg N ha^{-1} und 180 kg N ha^{-1} integriert. Die Stickstoffdüngung wurde in zwei Teilgaben in Höhe von 60/60 kg N ha^{-1} und 90/90 kg N ha^{-1} zu Beginn der Wachstumsperiode und zur Bildung der Blütenanlagen appliziert. Die ausgebrachte Düngerform war ASS. Die Erträge wurden erfasst und die Umweltindikatoren Treibhausgasemission, Energieintensität und N-Saldo mittels des Umweltbilanzierungsprogrammes REPRO (Hülsbergen, 2003) für die Jahre 2013 und 2014 berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Für den Ertrag konnten signifikante Unterschiede für die Haupteffekte VFK und Düngung festgestellt werden. Die VFK WRa-Monokultur erzielte die niedrigsten Erträge. Die höhere Düngestufe führte zu einem Mehrertrag. In der 120 kg N ha^{-1} Düngestufe wurde für Raps, der auf WW-WW folgt, ein Mehrertrag von 7 % im Vergleich zur WRa-Monokultur festgestellt. In der höheren Düngestufe betrug dieser Mehrertrag 8 % (Abbildung 1).

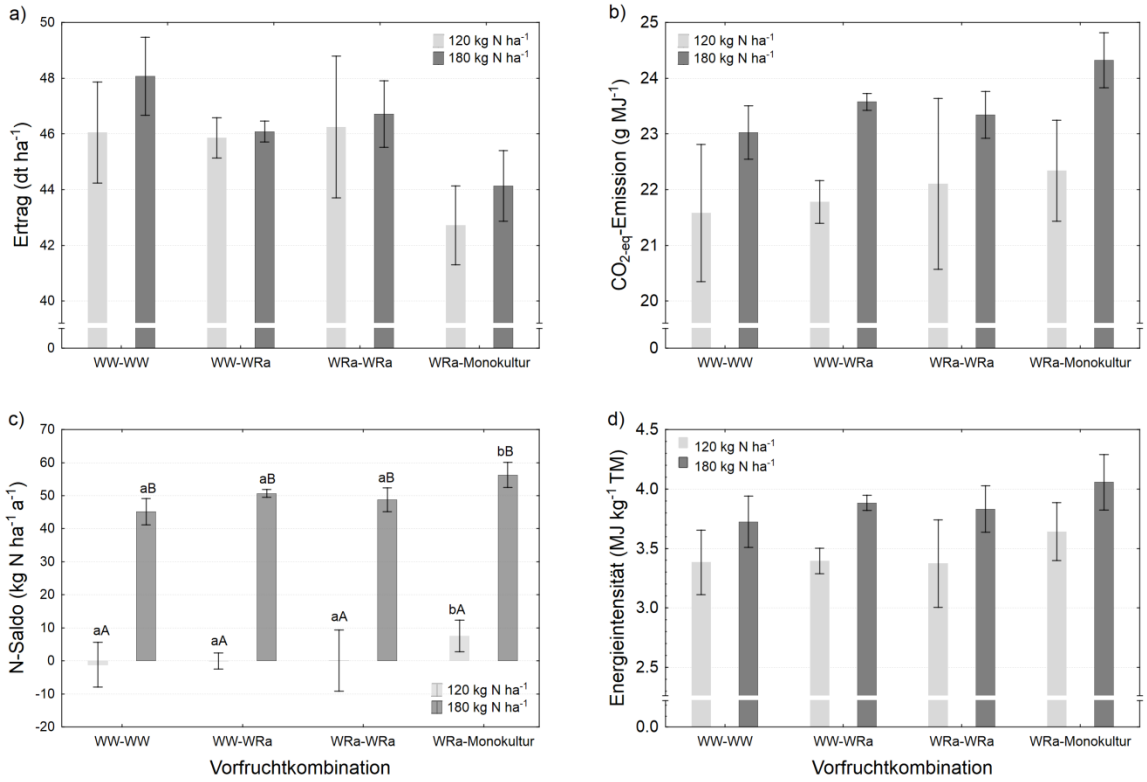


Abbildung 1: Ergebnisse für die untersuchten Parameter a) Ertrag, b) CO_{2eq}-Emission, c) N-Saldo und d) Energieintensität. Signifikante Unterschiede wurden bei $P \leq 0{,}05$ gekennzeichnet; unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Vorfruchtkombinationen; unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen innerhalb der Vorfruchtkombination.

Für die Parameter Treibhausgasemission und Energieintensität konnten aufgrund einer signifikanten VFK × Düngung × Jahr-Wechselwirkung keine Unterschiede festgestellt werden. Es zeigt sich im Mittel der Versuchsjahre jedoch der Trend, dass die Treibhausgasemissionen und die Energieintensität über die Rangfolge der VFK WW-WW, WW-WRa, WRa-WRa und WRa-Monokultur zunehmen. Beide Parameter erreichen höhere Werte in der 180 kg N ha^{-1} Düngestufe. Die N-Salden sind innerhalb der 120 kg N ha^{-1} Düngestufe in allen VFK signifikant niedriger als in der höheren N-Stufe. Die höchsten N-Salden weist die WRa-Monokultur auf.

Literatur

2009/28/EC (2009**)** Directive 2009/28/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.

FAO Stat (2015) Production, Crops, Harvested rapeseed area in Germany 1990 – 2013; Food and Agriculture Organization of the UN: Rome, 2015; http://faostat.fao.org (geprüft am 27. Januar 2015).

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Shaker Verlag, Aachen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 247–248 (2015)

Fruchtfolgen mit und ohne Zuckerrüben für die Biogasproduktion – Stickstoffbilanz und -auswaschung in Feldversuchen

Wiebke Brauer-Siebrecht, Anna Jacobs und Heinz-Josef Koch

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

Einleitung

Stickstoff (N) ist essentiell, um hohe Nutzpflanzenerträge zu erreichen. Allerdings kann insbesondere eine nicht bedarfsgerechte N-Zufuhr zu umweltproblematischen Auswaschungen ins Grundwasser führen. In dieser Arbeit wurde der Anbau von Zuckerrüben (ZR) und Silomais (SM) in Fruchtfolgen mit Winterweizen (WW) und der Zwischenfrucht Senf hinsichtlich der N-Bilanz und des modellierten Auswaschungsrisikos als Kriterium für die Bewertung von Anbausystemen für eine nachhaltige Biogasproduktion untersucht.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden an den Standorten Aiterhofen (Bayern) und Harste (Niedersachsen) in den Jahren 2010-2014 durchgeführt. Die Auswertung der untersuchten Fruchtfolgen (Tab. 1) berücksichtigte die Anbaujahre 2012-2014. Die mineralische N-Düngung erfolgte nach angepasstem N_{min}-Sollwertkonzept, alle Ernterückstände verblieben im Feld. Die N-Bilanz wurde als einfache Schlagbilanz (= N-Zufuhr durch Düngung - N-Abfuhr durch Ernteprodukte) berechnet und wurde als Mittel über die Fruchtfolge dargestellt. Die N-Auswaschung wurde mit dem Simulationsmodell NDICEA ermittelt (van der Burgt et al., 2006). Dieses modelliert die Auswaschung von der Aussaat der untersuchten Kultur bis zur Aussaat der folgenden Kultur. Die Darstellung erfolgt als Summe über die Fruchtfolge.

Tab. 1: Fruchtfolgen an zwei Standorten (2010-2014). Zuckerrüben = ZR, Silomais = SM, Winterweizen = WW.

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

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Bilanz im Mittel über die Fruchtfolge war an beiden Standorten in der Fruchtfolge (Senf) ZR-WW-WW am höchsten (Aiterhofen: 28 kg N ha^{-1}; Harste: 27 kg N ha^{-1}, Tab. 2) und in der Fruchtfolge (Senf) SM-ZR-WW am geringsten (Aiterhofen: 7 kg N ha^{-1}; Harste: 4 kg N ha^{-1}). Alle untersuchten Fruchtfolgen erreichten im dreijährigen Mittel eine N-Bilanz < 30 kg N ha^{-1}. Der Anbau von SM in der Fruchtfolge führte zu geringeren, der von ZR und WW in der Regel zu höheren N-Bilanzen im Mittel der Fruchtfolge. Im Gegensatz zur N-Bilanz berücksichtigt die modellierte N-Auswaschung jahreszeitliche Einflüsse sowie das gesamte Anbaujahr, sodass auch N-Verluste durch Auswaschungen unter Brache berücksichtigt werden. Bei der modellierten N-Auswaschung als Summe über die gesamte Fruchtfolge ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (Tab. 2). Anders als bei der N-Bilanz erreichte die Fruchtfolge (Senf-) SM-ZR-WW die höchsten Werte (Aiterhofen: 58 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$, Harste: 66 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$). Die niedrigste N-Auswaschung wurde für SM im Daueranbau am Standort Harste (33 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$) modelliert.

Nach unseren N-Bilanzen kann von einer bedarfsgerechten Düngung gemäß Düngeverordnung (DüV, 2007) ausgegangen werden. Die DüV (2007) dient der Umsetzung der Nitratrichtlinie (EU, 1991) in Deutschland, um Gewässerverunreinigungen durch Nitrat aus der Landwirtschaft zu verringern und vorzubeugen. Trotz bedarfsgerechter N-Düngung traten modellierte N-Auswaschungen als Summe über die gesamte Fruchtfolge von bis zu 66 kg N ha^{-1} $3a^{-1}$ auf. In der Gesamtbetrachtung sind von den untersuchten Fruchtfolgen an den Standorten Aiterhofen und Harste geringe Belastungen der Gewässer zu erwarten.

Tab. 2: Stickstoff(N)-Bilanzen sowie modellierte N-Auswaschung (NDICEA) von Fruchtfolgen mit Zuckerrüben (ZR), Silomais (SM) und Winterweizen (WW) sowie SM im Daueranbau an zwei Standorten aus den Jahren 2012-2014. Mittelwerte und Standardabweichungen der N-Bilanzen als Mittel über die Fruchtfolge (Aiterhofen n = 12; Harste Fruchtfolgen n = 9, Daueranbau n = 3), N-Auswaschungen als Summe über die Fruchtfolge (Fruchtfolge n = 3, Daueranbau n = 1).

Standort	Fruchtfolge	N-Bilanz (kg ha^{-1})	N-Auswaschung (kg ha^{-1} $3a^{-1}$)
Aiterhofen	(Senf) ZR-WW-WW	28^{a} (5)	49 (10) $^{n.s.}$
	(Senf) SM-WW-WW	18^{ab} (23)	40 (12)
	(Senf) SM-ZR-WW	7^{b} (18)	58 (27)
Harste	(Senf) ZR-WW-WW	27^{a} (3)	62 (19) $^{n.s.}$
	(Senf) SM-WW-WW	15^{ab} (17)	50 (14)
	(Senf) SM-ZR-WW	4^{bc} (14)	66 (19)
	SM Daueranbau	-35^{c} (31)	33

Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte je Standort (Kruskal-Wallis, $p \leq 0,05$). n. s. = nicht signifikant (Tukey, $p \leq 0,05$).

Literatur

DüV (2007): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 7, ausgegeben zu Bonn am 05. März 2007

Europäische Union (EU) (1991): Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91/76/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 375, 31.12.1991, 1-8

van der Burgt, G.J.H.M.; Oomen, G.J.M.; Habets, A.S.J.; Rossing, W.A.H. (2006): The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. Nutr. Cycl. Agroecosys. 74, 275-294

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 249–250 (2015)

Einfluss von pflanzenzüchterischen Innovationen in Pflanzenarchitektur und Lichtaufnahme im Bestand auf die Produktivität und Stabilität von Winterweizenanbausystemen

Carolin Lichthardt, Hartmut Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover.
E-Mail: *lichthardt@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Mit dem Ziel, Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung der Winterweizenzüchtung treffen zu können, untersuchen wir innerhalb der Forschungsverbundes BRIWECS (Breeding innovations in wheat for resilient cropping systems) die historische Entwicklung der Innovationen in der Winterweizenzüchtung. An deutschlandweit sechs Standorten werden an einem Sortiment 220 Sorten verschiedenste physiologische Merkmale erfasst und mit genotypischen Daten verknüpft (GWAS) und sollen so Grundlage für pflanzenbaulich-genomische Modellierung sein. Hier am Forschungsstandort Leibniz Universität Hannover befassen wir uns im Detail mit der Bestandesarchitektur und der Aufnahme von Licht im Bestand. Sensorische Messungen sollen Aufschluss darüber geben, wie effizient die Pflanzen Licht aufnehmen und welchen Einfluss Pflanzenarchitektur und Blattstickstoff darauf haben.

Material und Methoden

Die Auswahl von 220 Sorten besteht aus folgenden Teilsortimenten:

- historisches Sortiment welches die letzten 50 Jahre abdeckt,
- ein Sortiment an modernen Sorten, angepasst an deutsche bzw. westeuropäische Bedingungen,
- Sorten, die an biologische Produktionsbedingungen angepasst sind
- Hybrid Sorten und deren Elternlinien und
- ein Sortiment an Sorten aus einem Diversitätsset mit Ursprungsregionen aus der ganzen Welt.

Das Sortenspektrum wurde in drei Behandlungsvarianten in Ruthe bei Sarstedt angebaut. Die Behandlungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

	Stickstoff- Plansoll	Fungizide
„extensiv“	110 kg/ha	Nein
„integriert“	220 kg/ha	Nein
„intensiv“	220 kg/ha	Ja

Ansonsten wurden alle Parzellen einheitlich und standortangepasst behandelt. Mit zwei Wiederholungen ergaben sich 1320 Parzellen, die jeweils mit einer Fläche von 12 m² ausgewertet werden. Das Versuchsdesign entspricht einem α-Design mit Gruppierungen nach Reifegruppe und Pflanzenhöhe.

Über die Vegetationszeit wurden verschiedenste physiologische Parameter erfasst, unter anderen das Datum des Ährenschiebens, die Pflanzenlänge und der Krankheitsbefall. Des Weiteren wurden ab dem Schossen nicht-destruktive, sensorische Messungen gemacht um die Blattfläche (mit dem LAI 2200 von LI-COR

Biosciences) und die Lichtaufnahme im Bestand (mit dem LI-191 von LI-COR Biosciences) zu erfassen. In regemäßigen Abständen wurden zu dem noch SPAD Messungen gemacht um die Blattflächendauer zu schätzen.

Ergebnisse und Diskussion

Vorläufige Ergebnisse zeigen die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Blattfläche, der Lichtaufnahme, der Blattflächendauer und dem Parzellenertrag. Die Ergebnisse können mit dem züchterischen Stadium in Verbindung gebracht werden.
Diese können dann auf Grundlage von aus der Literatur bekannten Hintergründen diskutiert werden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 251–252 (2015)

Auswirkungen von Weidenstreifen auf Unkrautbesatz und Ertrag im Winterraps

Martin Gauder, Fabian Müller und Wilhelm Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart.
E-Mail: *gauder@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Die Einbindung von Agrarstrukturelementen in großräumig strukturierte Agrarlandschaften wird mit einer Reihe von positiven Effekten in Verbindung gebracht. Hierzu zählen unter anderem der Erosionsschutz, die Erhöhung der Biodiversität und die landschaftliche Aufwertung. Ackerbauliche Erfahrungen liegen noch in unzureichender Form vor. Dies ist vor allem auf der unterschiedlichen Auswirkung des veränderten Mikroklimas und der Einstrahlung auf verschiedene Kulturarten begründet. Dies kann zu heterogenen Ertragsstrukturen und Qualitätsunterschieden innerhalb der Agroforstfläche führen (siehe z.B. Jung et al. 2013).

Material und Methoden

In einem Langzeit-Agroforstversuch auf der Versuchsstation Ihinger Hof in Baden-Württemberg wurde im Rahmen der Fruchtfolge im Jahr 2012/2013 Winterraps auf der Ackerfläche angebaut. Der Versuchsstandort ist durch eine mittlere Jahrestemperatur von 9,1 °C, eine mittlere Niederschlagssume von 714 mm und 1792 Sonnenstunden gekennzeichnet. Der lehmige Tonboden hat eine mittlere Bodenzahl von 56. Auf dem ca. 5 ha großen Schlag wurden 2007 in vier Wiederholungen linienförmige Baumstreifen mit Weiden der Sorte Tordis angelegt. Die Streifen sind 8 m breit und enthalten 3 Baumdoppelreihen. Die Abstände zwischen den Baumstreifen betragen 48 m. Zwischen Ende Juni und Ende Juli 2013 wurden unter anderem die Unkrautartenzahl, die Unkrautbodenbedeckung, die Rapspflanzenhöhe, Ertrag und Qualität des Rapses erfasst. Hierfür wurde jeweils ein Quadratmeter direkt angrenzend an den Baumstreifen östlich und westlich untersucht (0,3 – 1,3 m vom Baumstreifen entfernt wird in Folge als 0,8 m bezeichnet), sowie in den Abständen von 2 m und 8 m östlich und westlich des Baumstreifens. Die Auswertung der Daten erfolgte mit einem gemischten Modell im Statistikpaket SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Der Unkrautbesatz war angrenzend an den Baumstreifen unabhängig von der Himmelsrichtung im Feld signifikant erhöht. Dies spiegelte sich in der Artenzahl, wie auch in der Unkrautbodenbedeckung nieder (Abb. 1).

Die Rapspflanzenhöhe war lediglich in den ersten Rapsreihen, 0,8 m vom Baumstreifen entfernt mit 1,33 m signifikant niedriger als in 2 m Abstand (1,49 m), welche nicht mehr signifikant niedriger als in 8 m Abstand waren (1,74 m).

Auch der Kornertrag war lediglich in direkter Nachbarschaft zum Baumstreifen signifikant gegenüber den zwei anderen Messpunkten verringert. Jedoch waren in der mittleren Entfernung von 2 m zum Baumstreifen tendenziell etwas geringere Erträge zu finden als an den am weitesten vom Baumstreifen entfernten Messpunkten, so dass ein noch weiter vom Baumstreifen entfernter Messpunkt

Aufschluss darüber geben könnte ob bei einer Entfernung von 8 m kein Effekt der Bäume auf den Ertrag von Winterraps messbar sind.

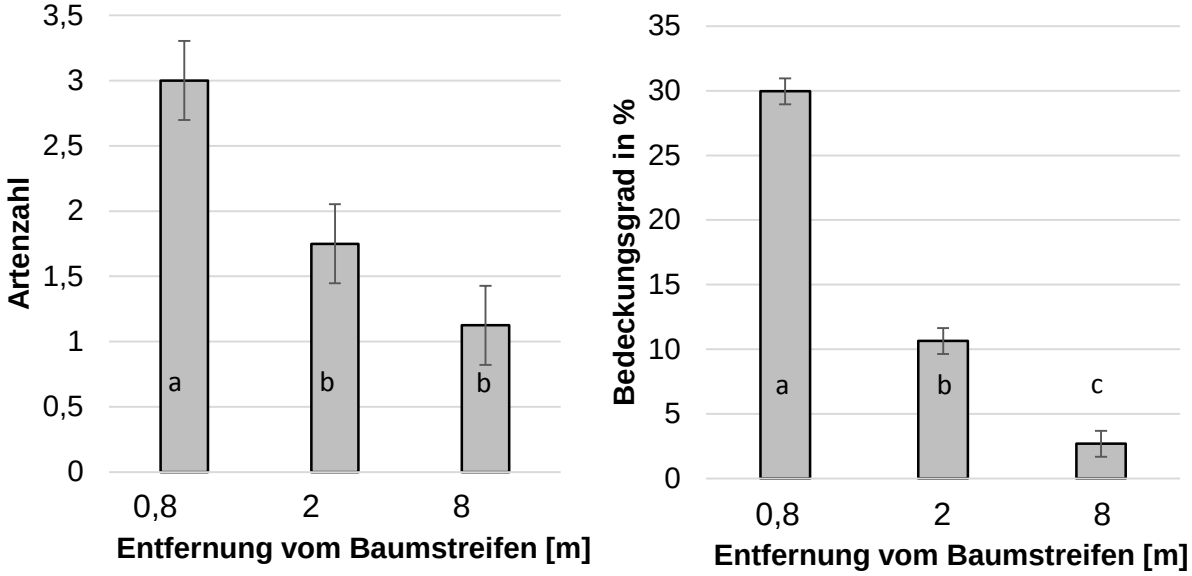


Abb. 1: Artenzahl und Unkrautbodenbedeckung in Abhängigkeit der Entfernung zum Baumstreifen am 26.06.2013 (± Standardabweichung, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei α 0.05)

Das Tausendkorngewicht (TKG) war mit 3,7 g neben dem Baumstreifen signifikant niedriger als an beiden anderen Messpunkten; am Messpunkt in der mittleren Entfernung zum Baumstreifen war das TKG mit 4,4 g signifikant niedriger als am Messpunkt in 8 m Entfernung zum Baumstreifen (4,6 g).

Der Trockensubstanzgehalt war zum Erntezeitpunkt nicht signifikant von der Entfernung zum Baumstreifen beeinflusst.

Die Ergebnisse deuten auf einen signifikanten Einfluss von Baumstreifen auf Ertrag, Unkrautbesatz und Qualität im Winterraps hin. Der negative Ertragseffekt scheint jedoch auf eine Entfernung von ca. 2 m vom Baumstreifen begrenzt zu sein. Dies entspricht ungefähr der Höhe des Baumstreifens, welcher zum Messzeitpunkt im Mittel 2,4 m hoch war.

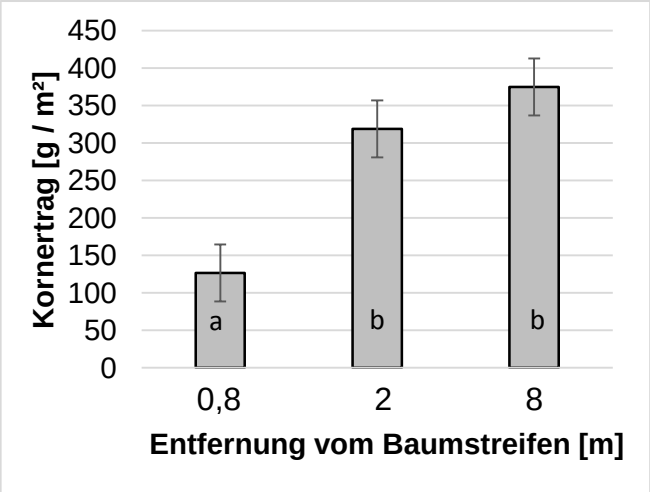


Abb. 2: Kornertrag [g / m²] von Winterraps am 25.07.2013

Literatur

Jung, L. S., Bärwolff, Vetter, A. (2013): Einflüsse auf die Erntequalität von Ackerfrüchten in Agroforstsystemen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 25, S. 114-115

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 253–254 (2015)

Aufnahme und Nutzung von Stickstoff in Hafer-Erbsen-Gemengen

Reinhard Neugschwandtner, 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

Getreide-Erbsen-Gemenge können aufgrund einer besseren Ressourcenausnutzung zu Ertragsvorteilen, einer besseren Flächenausnutzung sowie zu ökonomischen Vorteilen führen (Lithourgidis et al., 2011). Ein Vorteil von Mischkulturen aus Getreide und Leguminosen liegt in der Stickstofffixierungsleistung der Leguminose, die zu einem geringen Bedarf des Pflanzenbestandes an Stickstoffdünger führen kann (Chalk et al., 1993).

Ziel des Versuches war es, Kornertrag, Stickstoffertrag und Stickstoffnutzung von Hafer und Erbse in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses und der N-Düngung zu untersuchen.

Material und Methoden

Der Hafer-Erben-Gemengeversuch wurde in Raasdorf (BOKU-Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, durchschnittlicher Jahresniederschlag: 538 mm, durchschnittliche Jahrestemperatur: 10,6°C; Boden: Tschernosem, schluffiger Lehm) in den Jahren 2010 und 2011 durchgeführt. Die Reinsaaten von Hafer (Effektiv) wurde mit 350 keimfähigen Körnern (kfK) m^{-2} und jene von Erbse (Lessna) mit 80 kfK m^{-2} angebaut. Die substitutiven Gemenge wurden in folgenden Verhältnissen der Reinsaaten von Hafer (H) zu Erbse (E) angebaut: 75% H/25% E, 50% H/50% E und 25% H/75% E. Die Reinsaaten und Gemengen wurden mit folgenden Stickstoffmengen (“Nitramoncal”, 27% N) gedüngt: 0, 6 bzw. 12 g N m^{-2}. Die Flächennutzungseffizienz (land equivalent ratio, LER) wurde gemäß Mead und Wiley (1980) ermittelt: bei Werten > 1 wird die Fläche durch den Gemengeanbau effizienter, bei Werten < 1 weniger effizient als durch die Reinsaaten genutzt. Die Stickstoffnutzungsausnutzungseffizienz (nitrogen utilization efficiency, NUtE) ergab sich aus dem Kornertrag pro N Trockenmasse in der Gesamtpflanze. Detaillierte Informationen zum Versuch finden sich in Neugschwandtner und Kaul (2014, 2015).

Ergebnisse und Diskussion

Hafer war die dominante Kultur in den Gemengen, mit sinkendem Anteil an den Gemengen nahm der Kornertrag von Hafer deutlich geringer ab als jener der Erbse. Den höchsten Kornertrag erzielten die Reinsaaten von Erbse vor jenen des Hafers, gefolgt von den Gemengen, wobei bei den Gemengen mit 25% Hafer und 75% Erbse die geringsten Kornerträge erzielt wurden. N-Düngung erhöhte die Kornerträge von Hafer und die Gesamterträge der Gemenge, jedoch nicht jene der Erbse.

Der N-Gehalt von Hafer stieg mit sinkendem Hafer- und steigendem Erbsenanteil in den Gemengen, während der N-Gehalt von Erbse von den Mischungsverhältnissen nicht beeinflusst wurde. Die N-Erträge waren in den Erbsen-Reinsaaten am höchsten und nahmen mit geringer werdendem Erbsen-Anteil an den Gemengen ab. N-Düngung erhöhte die N-Gehalte beider Pflanzenarten sowie die N-Erträge.

Die Flächennutzungseffizienz der Kornerträge (LER) war < 1, d.h. es konnten durch den Gemengeanbau keine Ertragsvorteile im Vergleich zu den Reinsaaten erzielt

werden. Die Werte der Flächennutzungseffizienz für die Korn-N-Erträge (LER_N) waren generell höher als jene der LER. Dies ist auf die höheren N-Gehalte von Hafer in den Gemengen zurückzuführen. In den ungedüngten Gemengen konnte eine LER_N von > 1erreicht werden, d.h. es kam hier zu höheren N-Erträgen der Gemenge im Vergleich zu den Reinsaaten. Die Stickstoffnutzungsausnutzungseffizienz (NUtE) war am höchsten in der Reinsaat von Hafer und nahm mit steigendem Erbsenanteil in den Gemengen ab. LER, LER_N und NUtE nahmen mit zunehmender N-Düngung ab.

Ausschließlich höhere Korn-N-Erträge in den Gemengen ohne N-Düngung lassen den Schluss ziehen, dass Hafer-Erbsen-Gemenge am besten für Low-Input Systeme geeignet sind.

Tabelle 1: Kornertrag, Korn-N-Gehalt, Korn-N-Ertrag, Flächennutzungseffizienz für den Korn- (LER) und Korn-N-Ertrag (LER_N) und Stickstoffausnutzungseffizienz (NUtE) von Hafer-Erbsen-Gemengen und Reinsaaten

	Kornertrag			Korn-N			LER	LER_N	NUtE
	Hafer	Erbse	H+E	H	E	H+E	H+E		H+E
	($g\ m^{-2}$)			(%)		($g\ m^{-2}$)			($g\ g^{-1}$)
Mischungsverhältnis (%) (Hafer:Erbse)									
100:0	508^{a}		508^{b}	2.14^{b}		11.0^{bc}			33.9^{a}
75:25	441^{b}	25^{d}	466^{bc}	2.23^{a}	3.72	10.8^{c}	0.93	0.97	29.7^{b}
50:50	383^{c}	71^{c}	454^{bc}	2.25^{a}	3.78	11.2^{bc}	0.91	0.96	26.7^{c}
25:75	268^{d}	175^{b}	443^{c}	2.25^{a}	3.76	12.4^{b}	0.85	0.88	23.7^{d}
0:100		557^{a}	557^{a}		3.67	20.5^{a}			21.0^{e}
Düngung ($g\ N\ m^{-2}$)									
0	353^{b}	208	449^{b}	2.04^{c}	3.72^{b}	11.8^{b}	0.98^{a}	1.06^{a}	29.6^{a}
6	427^{a}	209	508^{a}	2.20^{b}	3.67^{b}	13.5^{a}	0.92^{a}	0.95^{a}	27.3^{b}
12	420^{a}	204	499^{a}	2.40^{a}	3.82^{a}	14.3^{a}	0.79^{b}	0.80^{b}	23.7^{c}
Jahr									
2010	410	194	484	2.13^{b}	3.97^{a}	13.1	0.85^{b}	0.90	25.7^{b}
2011	390	220	488	2.31^{a}	3.50^{b}	13.3	0.94^{a}	0.98	28.1^{a}

Literatur

Chalk, P.M., Smith, C.J., Hamilton, S.D., Hopmans, P., 1993. Characterization of the N benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ ^{15}N isotope dilution technique. Biol. Fertil. Soils 15, 39–44.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., Damalas, C.A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. Eur. J. Agron. 34, 287–294.

Mead, R., Wiley, W.R., 1980. The concept of land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16, 217–228.

Neugschwandtner, R.W., Kaul, H.-P., 2015. Nitrogen uptake, use and utilization efficiency by oat–pea intercrops. Field Crops Research 179, 113–119.

Neugschwandtner, R.W., Kaul, H.-P., 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. Field Crops Research 155, 159–163.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 255–256 (2015)

Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zuckerrübenanbau

Sebastian Liebe, Nicol Stockfisch, Bernward Märländer

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

Einleitung

Der nationale Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln hat das Ziel, die Anwendungen chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß zu beschränken. Pflanzenschutzmittel sind wichtige Produktionsfaktoren und sichern auch im Zuckerrübenanbau hohe und stabile Zuckererträge. Im Rahmen von Betriebsbefragungen wird seit 2010 jährlich die gesamte Produktionstechnik von der Aussaat bis zur Ernte von ca. 400 zufällig ausgewählten Betrieben deutschlandweit erfasst. Dazu gehört auch die umfassende Dokumentation sämtlicher Anwendungen im Pflanzenschutz. Mit Hilfe dieser Datenbasis soll die Entwicklung der Pflanzenschutzmittelintensität im Zuckerrübenanbau beurteilt werden.

Material und Methoden

Zunächst wurden verschiedene Kennzahlen für jedes Erhebungsjahr zur Beurteilung der Pflanzenschutzmittelintensität berechnet (Behandlungsindex, Behandlungshäufigkeit, Wirkstoffaufwand). Hierbei wurden alle Wirkstoffgruppen (Fungizide, Herbizide, Insektizide und Molluskizide) berücksichtigt. Diese Kennzahlen wurden mit anderen Produktionsfaktoren in einer Korrelationsanalyse verknüpft, um mögliche Einflussfaktoren auf die Pflanzenschutzmittelintensität herauszuarbeiten. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SAS 9.4.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kennzahlen zur Pflanzenschutzmittelintensität unterlagen nur leichten Veränderungen ohne einen erkennbaren Trend (Tab. 1). Schwankungen im Behandlungsindex konnten sowohl auf Veränderungen in der Behandlungshäufigkeit als auch im Wirkstoffaufwand zurückgeführt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der Einsatz von Herbiziden im Zuckerrübenanbau den Schwerpunkt aller Pflanzenschutzmaßnahmen bildet, gefolgt von einer durchschnittlich einmaligen Fungizidapplikation. Nahezu 100 % des Zuckerrübensaatgutes ist mit Insektiziden behandelt, wodurch die Behandlungsintensität während der Vegetationsperiode sehr gering ist.

Tabelle 5: Entwicklung von Kennzahlen zur Pflanzenschutzmittelintensität verschiedener Wirkstoffgruppen (F= Fungizide, I= Insektizide, H= Herbizide, G=Gesamt) im Zuckerrübenanbau von 2010 bis 2013 (391-398 befragte Betriebe/Jahr).

Jahr	**Behandlungsindex**				**Behandlungshäufigkeit**				**Wirkstoffaufwand** (Wirkstoffmenge in g/ha)			
	I	F	H	G	I	F	H	G	I	F	H	G
2010	0,12	0,9	2,4	3,5	0,12	0,9	3,8	4,8	58,2	420	4480	4773
2011	0,17	0,9	2,6	3,7	0,15	0,9	3,9	5	99,4	440	4500	4814
2012	0,31	1,1	2,7	4,2	0,25	1,1	3,9	5,3	148,3	486	4493	4884
2013	0,17	1	2,6	3,8	0,17	0,9	3,7	4,9	56,3	434	4243	4576

Anschließend wurde auf betrieblicher Ebene mittels Korrelationsanalyse nach Einflussfaktoren auf die Pflanzenschutzmittelintensität gesucht (Tabelle 2).

Tabelle 2: Spearman-Korrelationskoeffzienten für den Zusammenhang zwischen dem Behandlungsindex und betrieblichen Kennzahlen des Zuckerrübenanbaus. Signifikante Korrelationskoeffizienten (p>0.05) sind fett hervorgehoben.

Wirkstoffgruppe	Erhebungsjahr	Betriebsgröße	Schlaggröße	Ackerzahl	Rübenertrag	Zuckerertrag	Vegetationsdauer	Anbaupause
Fungizide	2010	**-0.32**	**-0.26**	0.07	**0.36**	**0.39**	**0.12**	**-0.19**
	2011	**-0.23**	-0.05	0.06	**0.32**	**0.31**	**0.14**	**-0.24**
	2012	**-0.30**	**-0.25**	**0.14**	**0.27**	**0.23**	**0.28**	**-0.16**
	2013	-0.24	-0.15	0.14	0.23	0.20	0.18	-0.17
Herbizide	2010	**0.26**	**0.26**	**-0.12**	**-0.21**	**-0.21**	0.05	**0.19**
	2011	**0.24**	**0.24**	**-0.11**	**-0.16**	**-0.18**	-0.06	0.08
	2012	**0.31**	**0.29**	-0.04	-0.08	-0.07	-0.02	**0.12**
	2013	**0.26**	**0.23**	-0.07	**-0.17**	**-0.16**	-0.04	-0.05
Gesamt	2010	-0.02	0.04	-0.01	**0.12**	**0.13**	**0.12**	0.01
	2011	0.04	**0.16**	-0.03	**0.10**	0.08	0.04	-0.08
	2012	**0.16**	**0.17**	-0.04	0.07	0.04	**0.14**	0.05
	2013	0.07	**0.12**	0.00	0.05	0.03	0.05	-0.10

Die einzelnen Erhebungsjahre wurden getrennt ausgewertet, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu beurteilen. Unter Berücksichtigung des Gesamt-Behandlungsindexes ließen sich kaum Zusammenhänge mit Betriebsfaktoren feststellen. Erst die spezifische Betrachtung der einzelnen Wirkstoffgruppen konnte signifikante Zusammenhänge in mehreren Jahre aufzeigen. In der Praxis wird vermutet, dass größere Betriebe dazu neigen die Kosten für den Pflanzenschutzaufwand zu reduzieren. Dieser Zusammenhang ließ sich ausschließlich für die Fungizidanwendungen darstellen. Vermutlich entsteht dieser Zusammenhang jedoch aus der Tatsache, dass die größten Schläge tendenziell in Nord- und Ostdeutschland liegen und hier ein geringerer Druck mit Blattkrankheiten herrscht. Im Gegensatz dazu ergab sich ein höherer Herbizidaufwand mit steigender Betriebs- und Schlaggröße für jedes einzelne Jahr. Die Anbaupause von Zuckerrüben in der Fruchtfolge war schwach negativ korreliert mit dem Fungizidaufwand, eventuell bedingt durch ein verstärktes Auftreten von Blattkrankheiten. Der positive Zusammenhang mit der Vegetationsdauer deutete daraufhin, dass eine längere Vegetationsperiode das Auftreten von Blattkrankheiten verstärkt und somit einen höheren Fungizidaufwand zur Folge hat. In der weiteren Datenanalyse sollen anbauspezifische Maßnahmen wie Bodenbearbeitung (z. B. Direktsaat, Mulchsaat, Pflug) und Fruchtfolge berücksichtigt werden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 257–258 (2015)

Wirkung des zukünftigen Klimawandels auf die Pflanzenproduktion – der Einfluss von Klimaprojektionen und Modellparametern

Barbara Köstner[1], Martina Alsheimer[1], Michael Berg[2], Jürgen Grocholl[3], Robert Schossow[3], Kristina Wilkinson[4], Markus Dotterweich[4] und Jörg Scherzer[4]

[1]Professur für Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden, Dresden; [2]Institut für Landschaftssystemanalyse, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg; [3]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen; [4]UDATA - Umwelt und Bildung, Neustadt/Weinstraße. E-Mail: *barbara.koestner@tu-dresden.de*

Einleitung

npassungen der Landwirtschaft an den Klimawandel setzen Kenntnisse über mögliche Klimawirkungen voraus. Dieses Wissen wird aus der bisherigen Erfahrung von Witterungsextremen oder von Modellsimulationen mit Klimaprojektionen abgeleitet. Idealerweise werden beide Ansätze kombiniert, um einerseits realitätsnahe Bedingungen der Vergangenheit einzubeziehen und andererseits die Unsicherheit aufgrund einer Bandbreite von zukünftigen Klimaprojektionen und Änderungen durch pflanzliche Eigenschaften und Technologie darzustellen (Köstner und Lorenz 2014). Mit Modellsimulationen lassen sich die Wirkungen von Klimaprojektionen (Variablen) und potenziellen Klimaanpassungen (Parameter) auf den zukünftigen Ertrag untersuchen. Damit können Voraussetzungen und Chancen einer gelingenden Anpassung an den Klimawandel besser eingeschätzt werden.

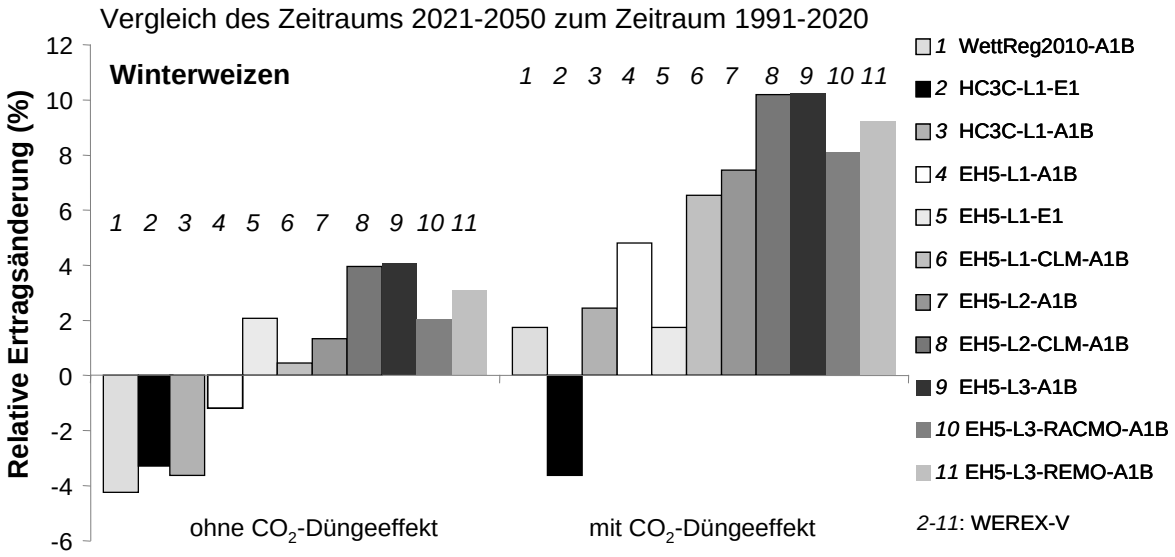
Material und Methoden

Das Entscheidungshilfesystem LandCaRe-DSS (Wenkel et al. 2013) wurde genutzt, um Klimaanpassungen wie Beregnung und Ausnutzung des CO_2-Düngeeffektes (Weigel et al. 2012) unter verschiedenen Standortbedingungen zu simulieren. Dafür wurden Klimaprojektionen des für Sachsen entwickelten Modells WEREX V bzw. der deutschlandweiten Version WettReg2010 (Kreienkamp et al. 2010, 2011) verwendet. Die Untersuchungen wurden in verschiedenen Agrarstrukturgebieten Sachsens durchgeführt und werden derzeit unter Erweiterung des Beregnungsmodells auf die Region Uelzen in Niedersachsen übertragen.

Ergebnisse und Diskussion

Mit zunehmender Anzahl von regionalen Klimaprojektionen wird auch die Bandbreite ihrer Klimawirkung erweitert. In der folgenden Grafik sind Ergebnisse von Ertragssimulationen mit Klimaprojektionen dargestellt, die als Basis verschiedene Globalmodelle (ECHAM/EH5; Hadley/HC3C), Modellläufe (L1-L3), Regionalmodelle (CLM, RACMO, REMO) und Emissionsszenarien (E1, A1B) verwenden. Es sind zukünftig sowohl Abnahmen als auch Zunahmen der mittleren Erträge über 30-jährige Perioden möglich. Die Unterschiede hängen vor allem vom Niederschlag im Klimamodell ab. Unter Annahme eines CO_2-Düngeeffektes weist nur noch eine Projektion (HC3C-L1-E1) Ertragsabnahmen auf. Die Ausnutzung des CO_2-Düngeeffektes durch geeignete Fruchtarten und –sorten könnte folglich in entsprechender Größenordnung negativen klimatischen Einflüssen entgegenwirken. Weitere Simulationen haben gezeigt, dass auch Beregnung zu einer Ertragsteigerung führt, die bei unterschiedlichsten Standortbedingungen zu einer Kompensation negativer Klimawirkung führt.

Nur im Sächsischen Heidegebiet auf Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität hatte Beregnung eine deutlich positivere Wirkung als der CO_2-Düngeeffekt allein.



Bei der Beregnungsoption ist ein integratives Wasserressourcenmanagement auf lokaler und regionaler Ebene gefragt. Der CO_2-Düngeeffekt könnte unter allen Standortbedingungen genutzt werden. Die Herausforderungen liegen hier bei der Bereitstellung geeigneter Sorten, die den Effekt aufweisen und Maßnahmen zur Minderung von Qualitätseinbußen. Allgemein zeigen die Simulationen die effektiven Unterschiede von Klimaprojektionen und die Größenordnung erforderlicher Gegensteuerung durch Anpassung.

Literatur

Köstner B, Lorenz M, 2014: Klimafolgenszenarien für Agrarregionen und landwirtschaftliche Betriebe – Anwendung des Entscheidungshilfesystems LandCaRe-DSS. In: Bachinger J, Bloch R, Fohrmann R, Pfriem R (Hrsg) Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. KLIMZUG Band 8, Oekom-Verlag, München, 325-344.

Kreienkamp F, Spekat A, Enke W, 2010: Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010. Bericht an das Umweltbundesamt, 2010.

Kreienkamp F, Spekat A, Enke W, 2011: WEREX V - Bereitstellung eines Ensembles regionaler Klimaprojektionen. Endbericht. Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden, 2011.

Weigel H-J, Manderscheid R, 2012: Crop growth responses to free air CO_2 enrichment and nitrogen fertilization: rotating barley, ryegrass, sugar beet and wheat. European Journal of Agronomy, 43, 97-101.

Wenkel K-O, Berg M, Mirschel W, Wieland W, Nendel C, Köstner B, 2013: LandCaRe DSS – an interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land-use adaptation strategies. Environmental Management, 127, Supplement, 168–183.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 259–260 (2015)

Humus- und Stickstoffsalden sowie Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft Norddeutschlands anhand von unterschiedlichen Szenarien

Jana Bauhardt[1], Nikolai Svoboda[2], Johannes Hufnagel[2], Peter Zander[2], Barbara Koblenz[1] und Olaf Christen[1]

[1]Martin-Luther-Universität Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Halle (Saale);
[2]Leibniz-Zentrum für Agrarlandforschung ZALF e.V., Müncheberg.
E-Mail: *jana.bauhardt@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Integriert in das vom BMBF geförderte Verbundprojekt NaLaMa-nT beschäftigt sich das Teilvorhaben „Nachhaltige Landwirtschaft“ mit den aktuellen und zukünftigen Umweltwirkungen der Landwirtschaft anhand von Humus- und Stickstoffsalden sowie Treibhausgasemissionen am Beispiel Norddeutschlands in zwei unterschiedlichen Szenarien.

Material und Methoden

Als Grundlage wurden vom ZALF 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 Viehbesatzes und der klimatischen Gegebenheiten. Zum Vergleich der Umweltwirkung der Modellregionen Norddeutschlands wird das Model Repro (Hülsbergen, 2003) genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2010 kann der Humusbedarf in allen Regionen, außer in Uelzen, über die Rückführung an Wirtschafsdüngern durch den regionalen Viehbestand abgedeckt werden. In Uelzen wird ein hoher Anteil humuszehrender Früchte angebaut. Durch Bewässerung werden gute Erträge erzielt. Der daraus resultierende Humusbedarf wird durch den geringen Viehbesatz in der Region nicht ausgeglichen.
Im Szenario „Business as usual“ nimmt durch die Ertragssteigerungen der Humusbedarf mit den Jahren zu. Da aber von einem konstanten Viehbesatz über die Jahre ausgegangen wird, kann der Humusmehrbedarf in den kommenden Jahren nicht gedeckt werden (Abb.1 a). Zusätzlich werden in Diepholz und Fläming vermehrt humuszehrende Kulturen angebaut. Durch höhere Erträge und den Humusmehrbedarf steigen auch die regionalen Stickstoffsalden. Die vermehrte Humusmineralisation führt zur Freisetzung von mehr verfügbarem Stickstoff (Abb. 1 b). Auch die Treibhausgasemissionen nehmen über die Jahre zu. Einerseits wird mit einer intensiveren Humusmineralisierung mehr Kohlendioxid frei. Andererseits wird mit einer steigenden Düngung mehr Lachgas emittiert. Eine Besonderheit in Diepholz sind landwirtschaftlich genutzte Moorflächen, die mit einer zusätzlichen Treibhausgasbelastung in Höhe von 4414 kg CO_2äq/ha beitragen (Abb.1 c).
Im Szenario „klimafreundliche Landwirtschaft“ werden 20 % der Fläche mit Leguminosen angebaut. In Diepholz und Uelzen wird Luzerne, in Fläming und Oder-Spree Lupine genutzt. Der Humusbedarf sinkt im Vergleich zum ersten Szenario

besonders bei höherem Luzerneanteil ab. Der Effekt ist in den östlichen Regionen geringer, da die Humusreproduktion von Lupine weniger ausgeprägt ist. Zusätzlich wird auf 20 % der Fläche eine Stickstoffdüngung eingespart. Dies wird vor allem bei den Stickstoffsalden sichtbar. Die verminderten Stickstoffsalden bewirken geringere Lachgasemissionen. Auch die Emissionen aus der Humusmineralisation sinken im Vergleich zum Szenario „Business as usual“.

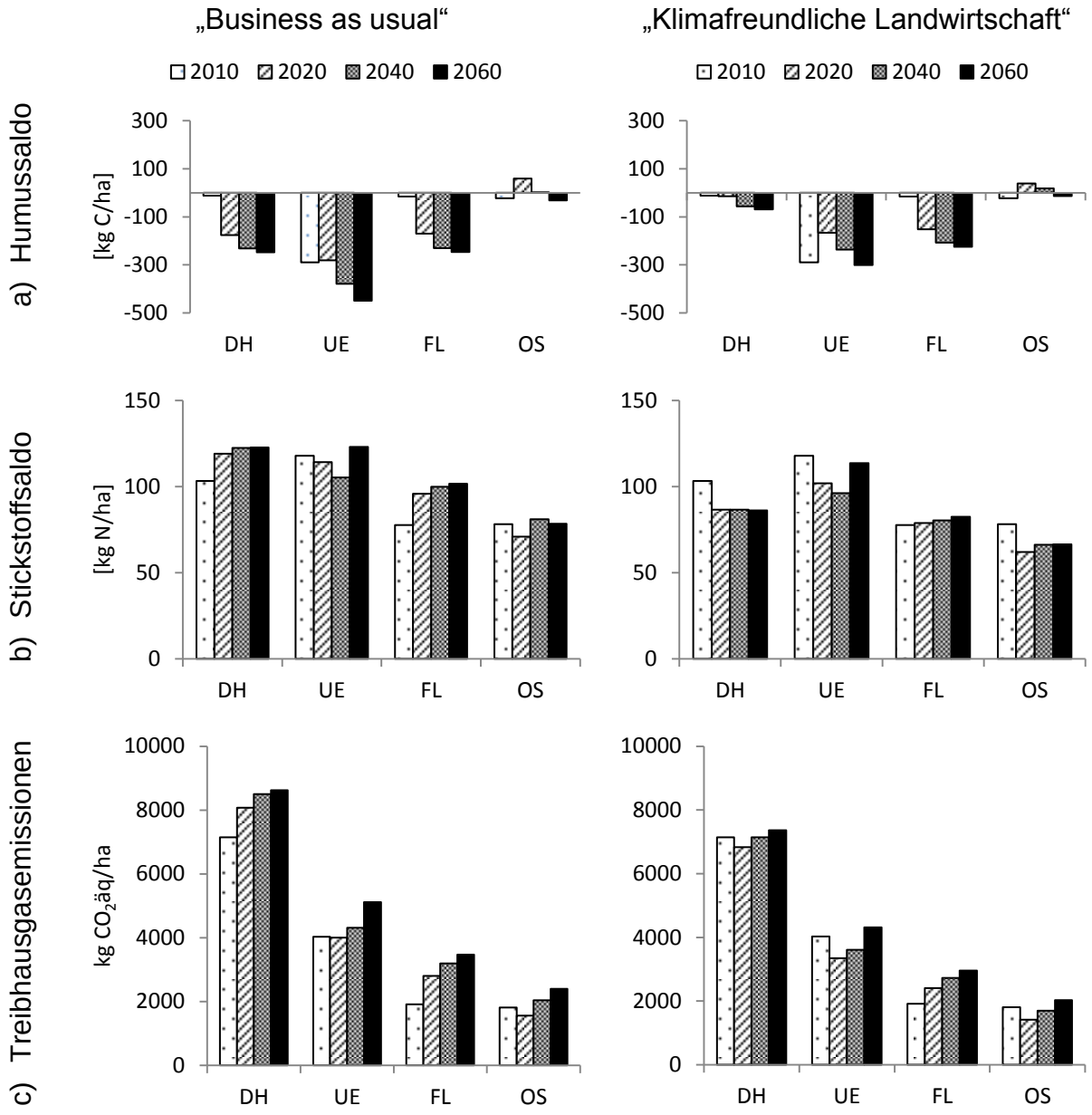


Abbildung 1: a) Regionale Humussalden in den Szenarien, b) Regionale Stickstoffsalden in den Szenarien, c) Regionale Treibhausgasemissionen in den Szenarien; DH = Diepholz, UE = Uelzen, FL= Fläming, OS= Oder-Spree

Literatur

Hülsbergen,K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker, Aachen.

Zander, P. (2003): Agricultural land use and conservation options: a modelling aproach. Dissertation, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 261–262 (2015)

Entwicklung eines Ernteprognosemodells für Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene

Gesa Reisch, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Fachgebiet Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover. E-Mail: *reisch@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Blumenkohlbestände weisen eine starke Heterogenität im Einzelpflanzenwachstum auf (Kage und Stützel, 1999). Daher wird Blumenkohl selektiv per Hand in mehreren kostenintensiven Erntedurchgängen geerntet. Vollautomatische selektive Ernte wäre daher wünschenswert. Ein erntereifer Blumenkohl weist einen Kopfdurchmesser von 16-18 cm auf. Dieses Kriterium müsste von einer Erntemaschine erkannt werden. Die visuelle Erfassung des Kopfdurchmessers in Blumenkohlbeständen ist problematisch, da Blätter zum Schutz vor UV-Strahlung über den Kopf gedeckt werden. Ein Ernteprognosemodell soll durch die Schätzung des Erntezeitpunkts von Einzelpflanzen im Bestand diese Problematik umgehen.

Das zeitlich unterschiedliche Erlangen der Erntereife von Einzelpflanzen im Bestand wird auf den unterschiedlichen Zeitpunkt der Kopfbildung bzw. das unterschiedliche Vernalisationsbedürfnis zurückgeführt (Olesen und Grevsen, 2000). Das nachfolgende Kopfwachstum ist abhängig von der Temperatur (Olesen und Grevsen, 2000) und dem vegetativen Entwicklungsstand der Pflanze (Booij, 1990).

Das Ernteprognosemodell soll mit Hilfe einfacher nicht-destruktiver Messungen parametrisiert werden. Ausgehend von einer möglichst frühen, zerstörungsfreien initialen Bestimmung des Kopfdurchmessers soll das Modell mittels Temperatur und unter Berücksichtigung der vegetativen Entwicklung in Form des Bedeckungsgrades den Erntezeitpunkt von Einzelpflanzen prognostizieren.

Material und Methoden

Die zur Modellparametrisierung und -validierung benötigten Daten werden in Feldversuchen (2015 bis 2017) erhoben. Drei Sorten Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis* L., Sorten Freedom, Lecanu und Korlanu), die mit unterschiedlicher Sicherheit vernalisieren, werden in vier Wiederholungen, in vier Sätzen angebaut (randomisierte Spaltanlage).

Die Bestimmung des Bedeckungsgrads erfolgt alle drei Tage fotografisch, die Bildaufnahmen werden mit Hilfe eines Programms, das die openCV Bibliothek nutzt, ausgewertet. Die Segmentation erfolgt über ein HSV Farbintervall. Das Programm bestimmt die Anzahl der Pixel und berechnet die durch die Einzelpflanzen bedeckte Fläche mittels Größenstandard.

Der Kopfdurchmesser wird regelmäßig per Hand zerstörungsfrei gemessen. Die Lufttemperatur wird von einer Wetterstation erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse der Feldversuche 2015 werden auf dem Poster dargestellt.

Literatur

Kage H., Stützel H. 1999: A simple empirical model for predicting development and dry matter partioning in cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). Scientia Horticulturae 80, 19-38.

Olesen J.E, Grevsen K. 2000: A simulation model of climate effects on plant productivity and variability in cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). Scientia Horticulturae 83, 83-107.

Booij R. 1990: Cauliflower curd initiation and maturity: Variability within a crop. Journal of Horticultural Science 65, 167-175.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 263–264 (2015)

Mechanische Kontrolle von Rapsdurchwuchs und Unkraut in Rapsbeständen mit besonderem Fettsäuremuster (Holli-Raps)

S. Schwabe, S. Gruber, E.A. Weber und W. Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart;
E-Mail: *Sebastian.Schwabe@uni-hohenheim.de*

Einleitung

„Holli-Raps“ („High Oleic – Low Linolenic“) ist ein spezieller 00-Sortentyp mit erhöhtem Ölsäure- und reduziertem Linolensäuregehalt. Durchwuchs aus anderen Sortentypen kann im Holli-Raps zu einer Verzerrung des Fettsäuremusters eines gesamten Bestandes und damit zu Qualitätsminderungen führen. Eine chemische Kontrolle des Durchwuchses ist aufgrund der sehr nahen Verwandtschaft zur Kultur nicht möglich. In einem Feldversuch wurde geprüft, inwieweit sich Hacken und Striegeln eignen, Durchwuchsraps sowie Unkraut in einem Holli-Rapsbestand mechanisch zu bekämpfen. In früheren Untersuchungen (Irla 1994) konnte bereits gezeigt werden, dass Unkraut in gewöhnlichen Rapsbeständen ausschließlich durch mechanische Bekämpfungsmaßnahmen wirksam reduziert werden kann.

Material und Methoden

Im August 2014 wurde auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim ein künstlicher Bodensamenvorrat der herkömmlichen Linienrapssorte Adriana etabliert (50 Körner m^{-2}; Ausstreuen, flaches Einarbeiten). Etwa zwei Wochen später, am 03.09.14, säte man die Holli-Rapssorte „NX2220“ mit einer Saatstärke von 45 Körnern m^{-2} und verschiedene mechanische Bekämpfungsstrategien einschließlich unbehandelter Kontrollvarianten wurden vorgenommen. Als Varianten kamen zum Einsatz: Striegeln (Stri) bei einem Reihenabstand des angebauten Hollirapses von 12 cm, Hacken (Ha) bei einem Reihenabstand von 24 cm sowie die dazugehörigen unbearbeiteten Kontrollen mit jeweils dem entsprechenden Reihenabstand (KoStri, KoHa). In diesen vier Varianten wurden zusätzlich die Herbizide „Butisan Gold“ (am 10.09.2014) und „Fusilade Max“ (am 20.10.2014) appliziert. Eine fünfte Variante bestand aus Hacken ohne Herbizideinsatz (HaOHe), ebenfalls bei 24 cm Reihenabstand, um zu prüfen, inwiefern diese mechanische Bekämpfung allein in der Lage ist, den Unkrautdruck zu verringern. Die mechanische Bekämpfung erfolgte je Variante einmal im Herbst in BBCH 14 und im Frühjahr nach Vegetationsbeginn. Der hier vorgestellte Versuch ist ein Auszug aus einem größeren Versuch mit zwei Holli-Rapssorten, die mit und ohne etabliertem Bodensamenvorrat in vier Wiederholungen als split-plot Anlage mit den angegebenen Varianten angebaut wurden. Das Unkrautaufkommen m^{-2} wurde mittels Göttinger Schätzrahmen erfasst. Der Durchwuchsraps wurde zwischen den Reihen der Kultur gezählt; dazu diente innerhalb jeder Parzelle ein Zwischenreihen-Raum von 0,66 m^2 als Boniturfenster. Unkraut- und Durchwuchsbonituren fanden circa drei Wochen nach den Bekämpfungsmaßnahmen für alle Varianten statt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl vor als auch nach Winter waren in den Hackvariante (Ha) weniger Durchwuchspflanzen zu beobachten als in der Striegelvariante (Stri; Abb. 1A).

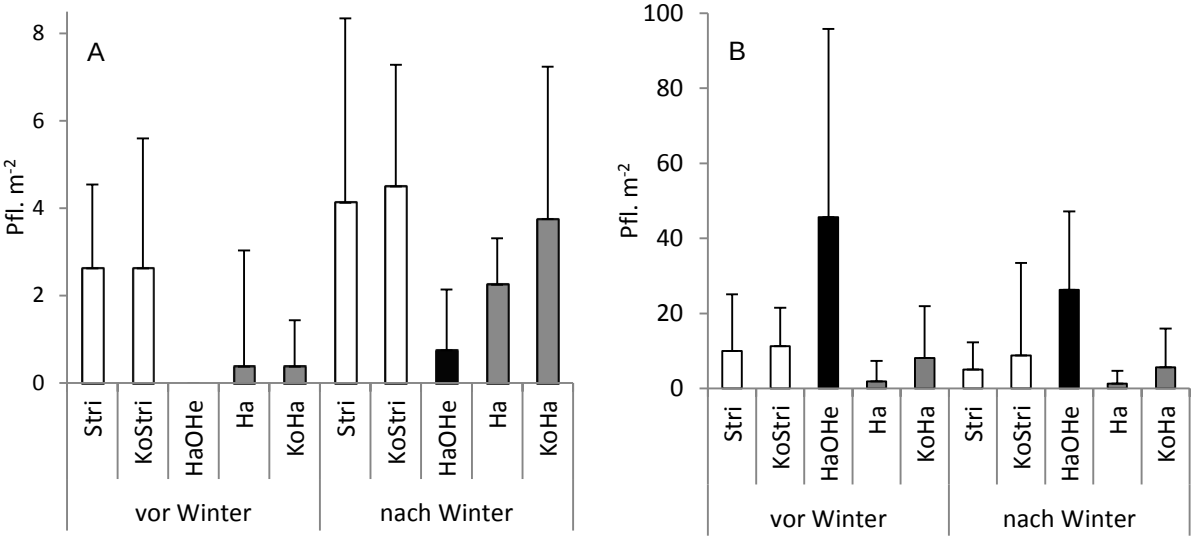


Abb.1: Pflanzen (Pfl.) m^{-2} von Durchwuchsraps (A) und Unkraut (B) in einem Rapsbestand in Abhängigkeit von der Bekämpfungsstrategie. Stri: Striegeln mit Herbizideinsatz, 12 cm Reihenabstand; Ha: Hacken mit Herbizideinsatz, 24 cm Reihenabstand, KoStri und KoHa: unbearbeitete Kontrollen bei 12 bzw. 24 cm Reihenabstand (mit Herbizideinsatz); HaOHe: Hacken ohne Herbizideinsatz, 24 cm Reihenabstand. Zählung vor Winter: 24.10.14 bis 17.11.2014, nach Winter: 09.04.2015; Versuchsstation Ihinger Hof.

Hacken und Striegeln vor Winter verringerten den Durchwuchsraps im Vergleich zu den Kontrollen jedoch nicht. Mit der zweiten Behandlung nach Winter konnte in Stri im Vergleich zu KoStri die Anzahl von Durchwuchsraps kaum reduziert werden (von 4,5 auf 4,1 Pflanzen (Pfl.) m^{-2}), in der Variante Ha wurde der Durchwuchsraps von 3,8 auf 2,3 Pfl. m^{-2} gegenüber der Kontrolle KoHa verringert (Abb.1A). Unkraut ging durch Striegeln vor Winter gegenüber der Kontrolle von 11,3 auf 10,0 Pfl. m^{-2} zurück, und als Folge der nach-Winter-Behandlung von 8,8 auf 5,0 Pfl. m^{-2}. Durch Hacken (Ha) wurde die Unkrautzahl m^{-2} vor Winter im Vergleich zu KoWe von 8,1 auf 1,9 und nach Winter von 5,6 auf 1,3 verringert. Als Leitunkräuter traten *Thlapsi arvense* und *Stellaria media* auf. Hacken zeigte sich insgesamt sowohl in der Kontrolle von Durchwuchsraps als auch von Unkraut als effektiver als Striegeln, wobei hier beide Maßnahmen mit einer der guten landwirtschaftlichen Praxis entsprechenden Herbizidstrategie kombiniert waren. Auffällig war, dass Hacken ohne Herbizideinsatz (HaOHe) Durchwuchsraps am stärksten von allen geprüften Varianten reduzierte (vor Winter kein Durchwuchs, nach Winter 0,75 Pfl. m^{-2}), dafür jedoch die schwächste Wirkung gegen Unkräuter zeigte (Abb.1B). Zur Unkrautkontrolle schien HaOHe wenig geeignet zu sein, jedoch trat vermutlich durch den Unkrautdruck eine Reduzierung des Durchwuchsrapses ein. Die Holli-Qualität des Ernteguts wäre in dieser Variante vermutlich am höchsten, da am wenigsten Durchwuchs zu Beimischungen im gesäten Holliraps führt. Eine Qualitätsuntersuchung wird nach der Ernte folgen, um diese Hypothese zu prüfen.

Literatur

Irla, E. (1994). Vergleich Unkrautbekämpfungsverfahren im Raps: Hacken und Striegeln kann Herbizide ersetzen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik. FAT-Berichte 453. 1-6.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 265–266 (2015)

Ernteprognose bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* L. *var. botrytis*)

Anke Schlumbaum, Karsten Lindemann-Zutz, Hartmut Stützel und Andreas Fricke

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme: Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover; E-Mail: *a.schlumbaum@freenet.de*

Einleitung

Blumenkohl ist in Deutschland eine bedeutende Gemüsekultur. Der Anbau erfolgt vor allem im Sommerhalbjahr, ab Mitte April. Jedoch ist der Ernteaufwand erheblich, da die Entwicklung der Einzelpflanzen im Feld starken Streuungen unterliegt. Eine Ursache für die unterschiedliche Entwicklung kann durch eine fehlende Kälteperiode während des Umstimmungszeitpunktes von der Blattbildungsphase zur Kopfbildungsphase zu finden sein. Darüber hinaus haben auch genetische- und Umweltfaktoren Einfluss auf die Pflanzenentwicklung (Wurr 1993). Das Kopfwachstum beginnt ab einem Sprossdurchmesser von 0,6 mm (Salter 1962, Wiebe 1972). Je nach Sorte werden zuvor unterschiedlich viele Blätter ausgebildet (Wurr 1990b), bei der Sorte Fremont sind es durchschnittlich 16 Blätter (Wiebe 1972).

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, auf einem Feld mehrmals zu ernten, um nur Köpfe zu erhalten, die auch für den Verkauf geeignet sind. Die Ernten werden heutzutage noch per Hand durchgeführt und sind mit viel Aufwand verbunden. Um den hohen Arbeits- und Kostenaufwand zu reduzieren, würde es helfen, wenn man Prognosen treffen könnte, wann jede Einzelpflanze im Feld einen vermarktungsfähigen Kopf ausgebildet hat, als Voraussetzung für eine selektive maschinelle Ernte. Um Ergebnisse zum Kopfwachstum bei Blumenkohl zu erhalten, wurde 2014 ein Feldversuch in Hannover durchgeführt, bei dem das Wachstum von 196 Blumenkohlpflanzen analysiert werden konnte.

Mit den aus diesem Versuch gewonnen Erkenntnissen, möchte man Prognosen erstellen, wann jede Pflanze im Bestand seine Erntegröße erreicht hat. Für das Prognosemodell sollen auch Wetterdaten, wie Temperatur und Strahlung mit einbezogen werden. Es wird versucht eine maximale Vorhersagegenauigkeit zu erzielen bei minimalem Messaufwand.

Material und Methoden

Für den durchgeführten Versuch wurden zunächst Blumenkohlsamen der Sorte Fremont in Zapfencontainer ausgesät, die mit dem Substrat Potgrond P gefüllt wurden. Die Anzucht erfolgte im Gewächshaus bei Tagestemperaturen von 16 °C und nachts bei 12 °C. Eine Woche vor dem Auspflanzen auf das Versuchsfeld erhielten die Pflanzen eine Kopfdüngung mit Molybdän und wurden zur Abhärtung in einen Netztunnel verbracht. Am 19.06.2014 erfolgte die Pflanzung auf dem Versuchsfeld, in Hannover Herrenhausen. Mit einem Pflanzabstand von 60 x 60 cm. Zum Schutz vor Tauben und Kaninchen wurden die Pflanzen mit Netzen abgedeckt. Bei der Pflanzung erfolgte eine Stickstoffdüngung und eine Nachdüngung erfolgte in der dritten Kulturwoche auf dem Feld. Die Unkrautregulierung erfolgte mechanisch per Hand und Pflanzenschutzmittel wurde nach Bedarf ausgebracht.

Ab dem Zeitpunkt der Umstimmung von der vegetativen zur generativen Phase wurde bestimmt, ob ein Kopf sichtbar ist. Ebenso wurden sobald es möglich war

ohne die Pflanze zu schädigen, nicht destruktive Messungen des Kopfdurchmessers gemacht. Hierzu wurden zwei äquatoriale Messungen pro Kopf durchgeführt und daraus der Mittelwert errechnet. Diese Messungen wurden über die Kopfwachstumsphase dreimal wöchentlich aufgenommen. Zu den Messungen auf dem Feld wurde mit Erreichen der Zielgröße von 200 mm Durchmesser (Kage et al. 1999) geerntet und nochmal genau gemessen und gewogen. Zusätzlich zu den Messdaten wurden auch die Wetterdaten über den Versuchszeitraum vom Institut für Meteorologie und Klimatologie in Hannover mit einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kopf in den Messungen konnte etwa ab einem Durchmesser von 100 mm gemessen werden. Davor konnte nur bestimmt werden, ob schon ein Kopf vorhanden ist. Aus den gewonnenen Ergebnissen konnte ein linearer Zusammenhang zwischen dem Kopfwachstum und der Temperatursumme gezeigt werden. Diese Erkenntnisse konnten auch schon in weiteren Veröffentlichungen gezeigt werden (Wurr 1990a, Pearson et al. 1994).Darüber hinaus werden noch Wachstumsrate, relative Wachstumsraten, mittlere Temperatur am Tag sowie die Strahlung und die daraus ermittelte Strahlungssumme und deren Einfluss auf das Wachstum untersucht. Zu diesen Ergebnissen steht noch eine Korrelationsanalyse aus, bei der gegebenenfalls weitere Zusammenhänge gezeigt werden können.
Schwierigkeiten bei den Kopfmessungen in frühem Stadium verursacht der enge Blattschluss um den Kopf. Daher ist eine frühe Messung nicht möglich, da man sonst die Pflanze zu sehr schädigen würde. Aus diesem Grund wurde zu dem Zeitpunkt, ab dem ein Kopf sichtbar war eine Schätzung von etwa 50 mm zugrundegelegt. Eine genauere und frühere Messung wäre nur mit destruktiven Messungen möglich.

Literatur

- Kage and Stützel (1998): A simple empirical model for predicting development and dry matter partitioning in cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). Scientia Horticulturae 80, 19-38
- Pearson, Hadley and Wheldon (1994): A model of the effects of temperature on the growth and development of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). Scientia Horticulturae 59, 91-106
- Salter (1969) Studies on crop maturity in cauliflower: I. Relationship between the times of curd initiation and curd maturity of plants within a cauliflower crop. Journal of Horticultural Science, 44, 129-40
- Wiebe (1972) Wirkung von Temperatur und Licht auf Wachstum und Entwicklung von Blumenkohl. III Vegetative Phase. Gartenbauwissenschaft, 37, 455-69
- Wurr, Fellows, Phelps and Reader (1993): Vernalization in Summer/Autumn Cauliflower. Journal of Experimental Botany, 44, 266 1507-1514
- Wurr, Fellows, Sutherland and Elphinstone (1990a): A model of cauliflower curd growth to predict when curds reach a specified size. Journal of Horticultural Science 65 (5) 555-564
- Wurr et al. (1990b) Relationships between the times of transplanting, curd initiation and maturity in cauliflower. Jounal of Agricultural Science Cambridge 114, 193-9

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 267–268 (2015)

Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf ausgewählte Bodenparameter und die Erträge der Kulturpflanzen-Bodenbearbeitungsversuch Rauischholzhausen

Constantin Schwarz, Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Professur für Pflanzenbau, Justus-Liebig-Universität, Gießen, Schubertstraße 81, 35392 Gießen. E-Mail: *Constantin.Schwarz@gmx.net*

Einleitung

Um die Auswirkung differenzierter Bodenbearbeitung auf die physikalischen Bodeneigenschaften, den Ertrag und die Qualität von Kulturpflanzen untersuchen zu können, wurde 1999 auf dem Versuchsgut (Rauischholzhausen) der Universität Gießen ein Bodenbearbeitungsversuch angelegt.

Material und Methoden

Der Versuchsboden ist durch eine Löß-Parabraunerde (Bodenart im Ap-Horizont: uT) mit einer Ackerzahl von 75-81 charakterisiert. Die Versuchsfläche hat eine Größe von 3,06 ha. Für die Versuche wurde der Schlag in vier Streifen zu je 15 m Breite und 390 m Länge unterteilt. Für die Messungen von Pflanzenparametern, Erträgen sowie den bodenphysikalischen Merkmalen und Nähstoffgehalten wurden innerhalb der jeweiligen Streifen Kleinparzellen (1,25 m * 10 m) mit vier Wiederholungen angelegt. Der Langzeitversuch ist definiert durch vier Bodenbearbeitungsvarianten mit unterschiedlicher Bearbeitungsintensität. Untersucht wurden folgende Bearbeitungsvarianten:

1. Pflug (P): wendende Bodenbearbeitung (27 cm), mit anschließender Saatbettbereitung und Aussaat.
2. Tiefe Lockerung (TL): Lockerung auf Krumentiefe (25 cm) mittels Grubber mit anschließender Saatbettbereitung und Aussaat.
3. Flache Lockerung (FL): Lockerung auf 10 cm mittels Grubber mit anschließender Saatbettbereitung und Aussaat.
4. Direktsaat (DS): Aussaat ohne vorherige Bodenbearbeitung.

Für die Analyse der physikalischen Bodeneigenschaften wurden im Herbst 2013 Bodenproben mittels Stechzylinder (100 cm³) in einer Tiefe von 0 - 40 cm (8 Schichten zu je 5 cm) entnommen. Dabei wurden folgende physikalischen Bodenparameter untersucht: Rohdichte [g/cm³], Porengrößenverteilung (Feinporen, enge Mittelporen, weite Mittelporen, enge Grobporen, mittlere Grobporen, weite Grobporen und sehr weite Grobporen, Gesamtporenvolumen [%] und Dichte der Festsubstanz [g/cm³].

Im Jahr 2013/14 wurde Winterweizen, Sorte Tobak, angebaut (Vorfrucht: Winterraps). Die Anbaumaßnahmen des Weizen waren wie folgt: Saatstärke: 275 kf. Körner/m², N-Düngung gesamt: 188 kg N/ha in vier Gaben, Herbizid-Applikation: Stomp Aqua (3l/ha), Lexus (20 g/ha) und Atlantis WG (300 g/ha). Beim Winterweizen wurden folgende Prüfmerkmale erfasst: Keimdichte/m², Triebdichte/m², Ährenzahl/m², Unkräuter/m², Ungräser/m², Kornertrag, Strohertrag, TKM, HLG, Proteingehalt, Fallzahl, Feuchtglutengehalt und Sedimentationswert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Werte für die Rohdichte steigen mit Zunahme der Tiefe an. In den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung wird eine erhöhte Rohdichte bereits in flacheren Bodenschichten festgestellt. Die Direktsaatvariante hat im Bereich 0-10 cm eine Rohdichte von 1,576 g/cm³. In der flachen Lockerung (FL) wird die Rohdichte von 1,50 g/cm³ in einer Tiefe von 10-15 cm erreicht. In der tiefen Lockerung (TL) wird dieser Wert im Bereich 20-25 cm und in der Pflugvariante in einer Tiefe von 35-40 cm nachgewiesen.

Das Gesamtporenvolumen lag in der Pflugvariante bei 42-52 % und somit höher im Vergleich zu den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung. Besonders die flache Lockerung (36%) und die Direktsaat (DS) zeigen die geringsten Werte (DS 35 %). In Tabelle 1 werden die Bodenbearbeitungstiefen der jeweiligen Bodenbearbeitungsvariante deutlich hervorgehoben, da unterhalb des Bearbeitungshorizontes sich das Porenvolumen erheblich verringert.

Tabelle 1: Rohdichte (g/cm³) und Gesamtporenvolumen (%) im Bereich (0 - 40 cm) nach 13 Jahren unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Rauischholzhausen 2013

	Rohdichte				**Gesamt-Poren-Volumen**			
Tiefe	**Pflug**	**TL**	**FL**	**DS**	**Pflug**	**TL**	**FL**	**DS**
(cm)	**in g/cm³**				**in %**			
0-5	1,315	1,172	1,363	1,203	49,95	56,13	47,92	54,46
5-10	1,262	1,212	1,448	1,576	52,43	53,70	43,83	40,26
10-15	1,413	1,361	1,498	1,625	47,39	48,43	42,40	37,96
15-20	1,304	1,309	1,666	1,667	51,09	50,03	36,38	36,71
20-25	1,381	1,507	1,586	1,675	47,79	42,51	39,32	37,11
25-30	1,312	1,656	1,668	1,713	50,51	36,48	36,46	35,06
30-35	1,392	1,623	1,618	1,664	47,32	38,09	39,92	37,93
35-40	1,526	1,631	1,600	1,653	42,11	37,16	40,23	38,16

In der Pflugvariante wurden 182 Pfl./m² gezählt, während in der Direktsaat 124 Pfl./m² gezählt werden konnten. Der schwache Feldbestand in der Direktsaatvariante lässt sich durch den hohen Anteil von Ungräsern (Alopecurus myosuruides 1.044 Pfl./m²) begründen. In den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung wurden 396 Pfl./m² (FL) und 376 Pfl./m² (TL) ausgezählt. Die Pflugvariante enthielt 7 Pfl./m².

Die Erträge zeigten für das Erntejahr 2013 teils große Schwankungen. In der Pflugvariante lag der Weizenertrag bei 114,8 dt/ha. In der tiefen Lockerung wurden 108,7 dt/ha geerntet. Die flache Lockerung erzielte einen Ertrag von 102,1 dt/ha. In der Direktsaatvariante lag der Ertrag mit 65,3 dt/ha deutlich unter dem Ertragsniveau der anderen Varianten.

Nach über 13 Jahren reduzierter Bodenbearbeitung sind Unterschiede in der Rohdichte, im Gesamtporenvolumen in der Porengrößenverteilung sowie im Ertrag (Herbizidresistenz in DS-Variante) und der Qualität festgellt worden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 269–270 (2015)

Effect of data aggregation on crop yield simulated at large scale

Ehsan Eyshi Rezaei, Stefan Siebert und Frank Ewert

Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany E-Mail: *eeyshire@uni-bonn.de*

Introduction

Results of crop models applied at large scales are uncertain since most of crop models were developed, and parameterized at field scale (Hansen and Jones, 2000). Furthermore, the spatial heterogeneity of study regions is not well addressed in large scale assessments. The current study was undertaken to systematically analyze impacts of data aggregation of climate and soil data on simulated yield of winter wheat in Germany.

Materials and Methods

Daily climate data and soil characteristics were interpolated to 1 km × 1 km resolution bases on data obtained from German weather service (DWD) and BÜK 1000 N datasets, respectively (Zhao et al., 2015). Climate and soil data were aggregated to 4 different resolutions including 10 km × 10 km, 25 km × 25 km, 50 km × 50 km and 100 km × 100 km across croplands (EEA, 2009) of Germany. We simulated winter wheat yield by the process based crop model (SIMPLACE<LINTUL-2-CC-HEAT>) at 1 km × 1 km resolution and for all aggregation levels.

Results and Discussion

Input and output data aggregation had a small effect on mean and median of simulated yield (<2% change) (Figure 1). On the other hand, mean of simulated yield at state and country levels showed 5% and 15% change compare to mean of simulated yield at 1 km × 1 km, respectively (Figure 1).

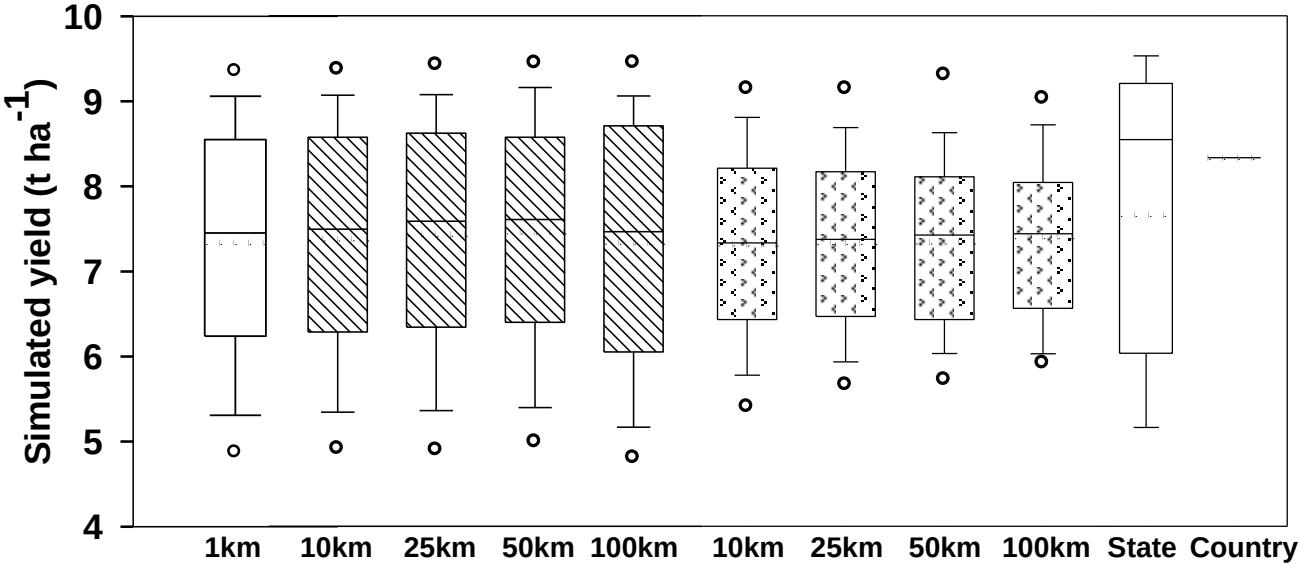


Figure 1. Boxplots of mean crop yield (1980-2011) simulated for 1km×1km resolution, state, country levels and other data resolutions (10km×10km to 100km×100km) with input (fine) and output (arrows) aggregation (Dash line: mean, solid line: median; upper point and lower point showed 5th and 95th percentiles, respectively).

Differences between spatial patterns of simulated yield with aggregated inputs and output moderately increased by aggregation from 10 km × 10 km to 100 km × 100 km (Figure 2). Highest absolute differences between input and output aggregation were obtained for regions in eastern and central parts of the country which showed the lowest yield (Figure 2). The different response of the model at 100 × 100 km aggregation was mainly related to changes in total available soil water capacity. Effect of climate data resolution change on simulated crop yield in south-western Finland was smaller than the variances between models (Angulo et al., 2013).

The low impact of data aggregation on crop yields up to resolution of 50 × 50 km indicates that high resolution simulations are not required to simulate winter wheat yields (mean, median, frequency distribution and spatial pattern) with reasonable accuracy at country level. However, data aggregation to 100 × 100 km or more influenced crop model results, mainly as a result of soil data aggregation. Further research is required on effects of model complexity and uncertainties in land use information.

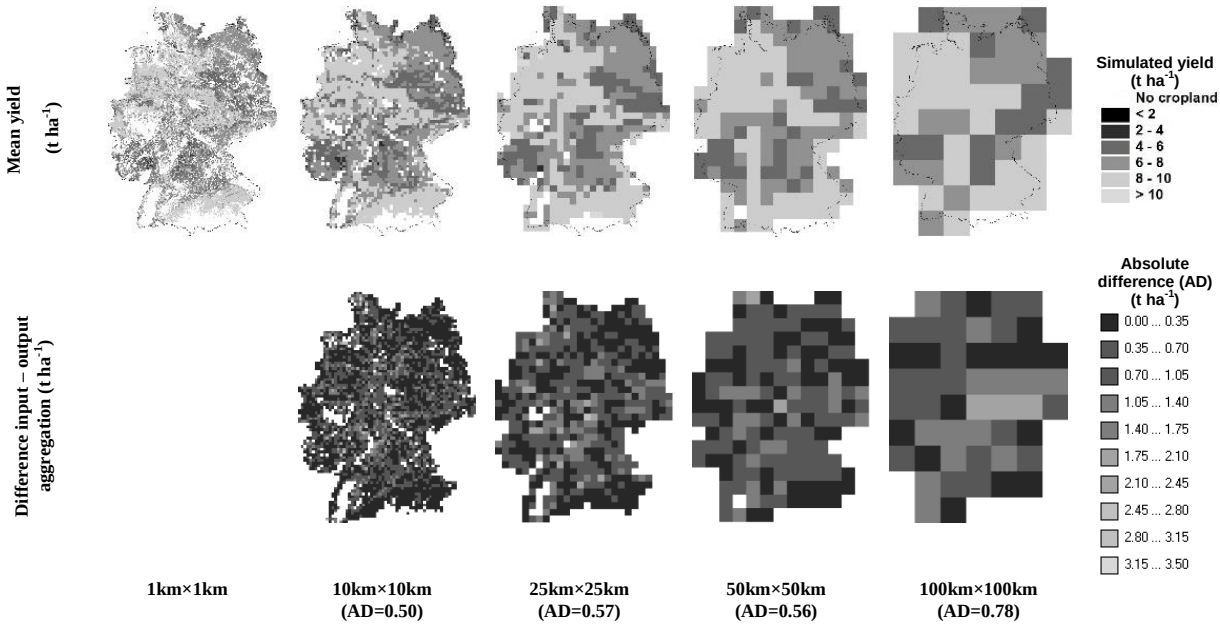


Figure 2. Spatial pattern of simulated yield under different resolutions (mean value of each grid), difference map between input and output aggregation during 1980-2011.

References

Angulo, C. et al, 2013. Characteristic ‘fingerprints’ of crop model responses to weather input data at different spatial resolutions. European Journal of Agronomy, 49: 104-114.

EEA (2009) Corine Land Cover 2006 raster data. European Environment Agency (EEA), http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/ef13cef8-2ef5-49ae-9545-9042457ce4c6, accessed 12/04/2014.

Hansen, J. and Jones, J, 2000. Scaling-up crop models for climate variability applications. Agricultural Systems, 65(1): 43-72.

Zhao, G. et al, 2015. Demand for multi-scale weather data for regional crop modeling. Agricultural and Forest Meteorology, 200: 156-171.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 271–272 (2015)

Systematische Abhängigkeit verschiedener Ertragsstabilitätsmaße vom Ertragsmittelwert: I. Der Variationskoeffizient

Thomas F. Döring[1], Samuel Knapp[2] und Frank Ellmer[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker-und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; [2]Technische Universität München, Emil-Ramann-Straße 2, 85354 Freising-Weihenstephan; E-Mail: *thomas.doering@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Ertragsstabilität spielt in der Pflanzenproduktion eine wichtige Rolle (Annicchiarico 2009). Um Produktionssysteme auf ihre Ertragsstabilität zu testen, ist es wichtig, geeignete statistische Methoden anzuwenden (Becker, 1981; Piepho, 1998). Während eine Vielzahl von Maßzahlen zur Bestimmung der Ertragsstabilität vorliegt, werden in der acker- und pflanzenbaulichen Forschung häufig einige einfach zu berechnende Stabilitätsindizes bevorzugt (z.B. Smith et al., 2007). Hierzu gehört der Variationskoeffizient (VK), der die Standardabweichung einer Stichprobe s in Relation zum Mittelwert m setzt (VK = $s/m \cdot 100\%$). Hier zeigen wir auf der Basis publizierter Ertragsdatensätze, dass eine systematische Abhängigkeit des VK vom Mittelwert bestehen kann.

Material und Methoden

Ertragsdaten wurden jeweils unter ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung in mehreren Umwelten für 19 verschiedene Weizensorten in England (Jones et al., 2010) sowie für 20 Linsensorten in Griechenland (Vlachostergios et al., 2011) erhoben. Die publizierten Mittelwerte aus Feldwiederholungen wurden digitalisiert und einer Sekundäranalyse unterzogen (Spearman's Rangkorrelationskoeffizient ρ zwischen Mittelwerten und VK über die Umwelten, Statistikprogramm R, version 3.0.0).

Ergebnisse und Diskussion

Mit steigenden Ertragsmittelwerten nahmen die VK für die Linsensorten ($\rho = -0{,}475$, $P=0{,}04$) signifikant ab, nicht jedoch für die Weizensorten ($\rho = 0{,}218$, $P=0{,}37$) (Abb. 1). Diese Beziehungen können auf Taylor's Power Law (TPL) zurückgeführt werden (Taylor 1961; Cohen 2013), d.h. auf den bereits vielfach empirisch belegten Zusammenhang zwischen Varianzen s^2 und Mittelwerten m, dergestalt dass $\log(s^2) = a + b \cdot \log(m)$. Dieser Zusammenhang wurde auch für die beiden analysierten Datensätze gefunden. Aus TPL folgt, dass VK = $m^{b/2-1} \cdot 10^{a/2}$. Wenn $b < 2$ gehen hohe Mittelwerte systematisch mit niedrigen VK einher. Für die Weizendaten war b=2.51 für die Linsendaten b=1.30; entsprechend zeigt sich die negative Korrelation zwischen VK und Mittelwert für die Linsenerträge (b<2), nicht jedoch für die Weizenerträge (b>2). Nach diesen Überlegungen ist der VK als Stabilitätsmaß für viele Fälle ungeeignet. Insbesondere wenn die Mittelwerte der Stichprobe eine große Spannweite aufweisen, kann es eine systematische Abhängigkeit des VK vom Mittelwert geben, ohne dass biologisch bedeutsame Unterschiede zwischen Genotypen (oder Behandlungen) in der Ertragsvariabilität zugrunde liegen müssen.
Zukünftige Bestimmungen der Ertragsstabilität sollten daher den VK nur unter Vorbehalt verwenden und die Abhängigkeit zwischen Ertragsvarianzen und Ertragsmittelwerten genauer spezifizieren.

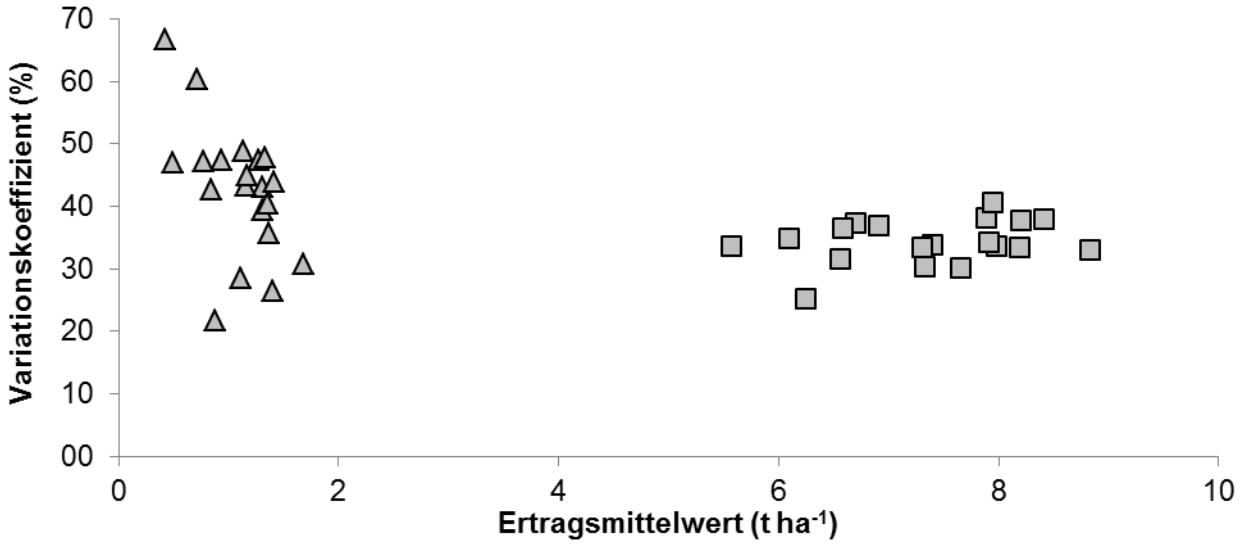


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Ertragsmittelwerten und VK für 20 Linsensorten (Vlachostergios et al., 2011, Dreiecke) und 19 Weizensorten (Jones et al., 2010, Quadrate).

Literatur

Annicchiarico, P. 2009. Coping with and exploiting genotype x environment interactions. In: Plant Breeding and Farmer Participation. S. Ceccarelli, E. P. Guimarães & E. Weltzien (Hrsg.), Food and Agricultural Organization, Rom, S. 519-564.

Becker, H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica, 30, 835-840.

Cohen, J. E., 2013. Taylor's power law of fluctuation scaling and the growth-rate theorem. Theoretical Population Biology 88, 94-100.

Jones, H., Clarke, S., Haigh, Z., Pearce, H. & Wolfe, M. 2010. The effect of the year of wheat variety release on productivity and stability of performance on two organic and two non-organic farms. Journal of Agricultural Science, 148, 303–317

Piepho, H. P. 1998. Methods for comparing the yield stability of cropping systems - A review. Journal of Agronomy and Crop Science, 180, 193-213

Smith, R. G., Menalled, F. D., Robertson, G. P. 2007. Temporal yield variability under conventional and alternative management systems. Agronomy Journal, 99, 1629-1634

Taylor, L. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature, 189, 732-735.

Vlachostergios, D., Lithourgidis, A. & Roupakias, D. 2011. Adaptability to organic farming of lentil (*Lens culinaris* Medik.) varieties developed from conventional breeding programmes. Journal of Agricultural Science, 149, 85-93.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 273–274 (2015)

Systematische Abhängigkeit verschiedener Ertragsstabilitätsmaße vom Ertragsmittelwert: II. Ökoregression

Thomas F. Döring[1], Samuel Knapp[2] und Frank Ellmer[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker-und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; [2]Technische Universität München, Emil-Ramann-Straße 2, 85354 Freising-Weihenstephan; E-Mail: *thomas.doering@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Zu den oft in der Pflanzenbauforschung verwendeten Maßen der Ertragsstabilität zählt die Ökoregression. In Sortenversuchen über mehrere Umwelten beschreibt sie die (lineare) Beziehung zwischen Erträgen eines Genotyps über verschiedene Umwelten einerseits und den Ertragsmittelwerten aller Genotypen über diese Umwelten andererseits. Dabei ist ein Genotyp maximal stabil, wenn der Koeffizient β, d.h. die Steigung der Regressionsgeraden den Wert β=1 annimmt (Finlay & Wilkinson, 1963). Ein weiterer Stabilitätsindex ist $(s^2_d)_G$, die Varianz der Abweichungen der Einzelwerte von den durch die Regressionsgerade geschätzten Werten (Eberhard & Russell, 1966). Hier zeigen wir, dass β oder $(s^2_d)_G$ oder beide Indizes systematisch vom Ertragsmittelwert abhängen können.

Material und Methoden

Ertragsdaten wurden in mehreren Umwelten für 19 verschiedene Weizensorten in England (Jones et al., 2010) sowie für 20 Linsensorten in Griechenland (Vlachostergios et al., 2011) erhoben. Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm R (v.3.0.0) einer Sekundäranalyse nach Taylor's Power Law (TPL) (Taylor, 1961) unterzogen. Insbesondere wurde der Zusammenhang zwischen logarithmierten Varianzen ($\log(s^2)$) und logarithmierten Mittelwerten ($\log(m)$) geprüft, wobei Varianzen und Mittelwerte für jede einzelne Sorte über alle Prüfumwelten berechnet wurden.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Datensätzen gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen $x=\log(m)$ und $y=\log(s^2)$. Im Modell y=a+bx waren für die Weizendaten a=–1,38±0,35, b=2,51±0,41, R^2=0,675; P<0,001 und für die Linsendaten a=–0,75±0,05; b=1,30±0,31; R^2=0,49; P<0,001. In beiden Datensätzen waren also die Varianzen nicht von den Mittelwerten unabhängig, sondern folgten Taylor's Power Law. In diesem Fall nehmen die Konfidenzintervalle für die Ertragswerte einzelner Sorten mit zunehmendem Umweltmittelwert zu (Abb. 1); bei Gültigkeit von TPL werden damit Genotypen mit hohem Ertragsmittelwert eher höhere Werte für β oder $(s^2_d)_G$ oder beide einnehmen. Weiterhin lässt sich nach Becker (1981) zeigen, dass die Varianz s^2_G von einzelnen Genotypen über eine Reihen von Umwelten $s^2_G = s^2_U\ \beta^2_G + (s^2_d)_G$ ist, wobei s^2_U die Umweltvarianz ist. Wenn jedoch s^2_G nicht vom Mittelwert unabhängig ist, sondern mit zunehmendem Mittelwert m_G ansteigt, dann müssen die Mittelwerte m_G positiv mit den Steigungen β_G oder mit den Abweichungen $(s^2_d)_G$ (oder mit beiden) korrelieren. Das bedeutet jedoch, dass Unterschiede zwischen Sorten hinsichtlich der Steigungen β_G oder der Varianzen der Abweichungen $(s^2_d)_G$ von der Ökoregressionsgeraden nicht unbedingt eine Folge von biologisch bedeutsamen Effekten (z.B. Züchtung) sind, sondern lediglich eine Konsequenz der

typischen Verteilungsform von Daten gemäß Taylor‘s Power Law. Dies stellt die übliche Interpretation dieser beiden Stabilitätsmaße in Frage.

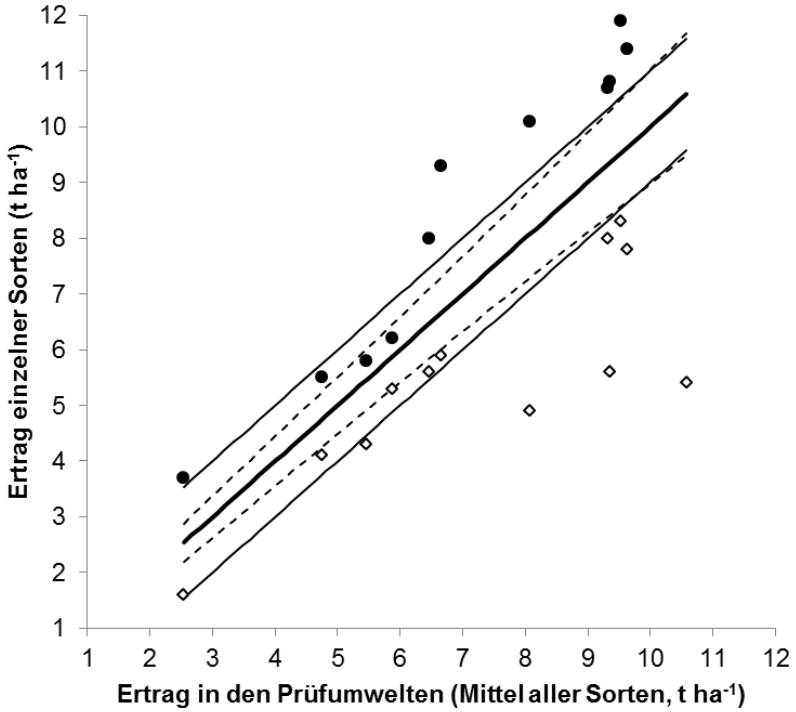


Abb. 1: Ökoregression von Weizenertragsdaten (Jones et al. 2010); beispielhaft gezeigt sind die Sorte mit dem größten (Deben, schwarze Kreise) und mit dem niedrigsten Ertragsmittelwert (Thatcher, weiße Rauten). Ober- und unterhalb der mittleren durchgezogenen Linie (y = x) zeigen die beiden feineren Linien (y=x+1 und y=x–1) die Regressionsgeraden zweier hypothetischer Genotypen ohne Umwelt-Genotyp-Wechselwirkung. Wenn Varianzen wie hier anhand der Daten gezeigt jedoch mit den Mittelwerten systematisch ansteigen, werden die Konfidenzintervalle (gestrichelten Linien) für die Ertragswerte einzelner Sorten mit zunehmendem Umweltmittelwert breiter.

Literatur

Becker, H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica, 30, 835-840.

Eberhart, S. A. & Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6, 37-40.

Finlay, K. W. & Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research, 14, 742—754.

Jones, H., Clarke, S., Haigh, Z., Pearce, H. & Wolfe, M. 2010. The effect of the year of wheat variety release on productivity and stability of performance on two organic and two non-organic farms. Journal of Agricultural Science, 148, 303–317

Taylor, L. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature, 189, 732-735.

Vlachostergios, D., Lithourgidis, A. & Roupakias, D. 2011. Adaptability to organic farming of lentil (*Lens culinaris* Medik.) varieties developed from conventional breeding programmes. Journal of Agricultural Science, 149, 85-93.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 275–276 (2015)

Einfluss von Belichtung und Schnitttermin auf Gesamtphenole und antioxidative Kapazität der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.)

Marco Russo, Claudia Büttner und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen.
E-Mail: *marco.russo@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Die Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) ist eine wichtige Arznei- und Gewürzpflanze aus der Familie der Lamiaceae, deren ätherisches Öl ihr den typischen Geruch verleiht. Daneben zählen zu den wertgebenden Inhaltsstoffen phenolische Verbindungen, als deren Leitsubstanz die Rosmarinsäure gilt. Diese Inhaltsstoffe zeichnen sich durch eine antioxidative Wirkung aus.
Neben der Nutzung von Extrakten, beispielsweise als Wirkstoff in Cremes gegen Lippenherpes (*Herpes simplex*), spielt auch die Verwendung der Blattdroge selbst in Form von Teeaufgüssen eine große Rolle.
Für die Sicherung der Qualität ist es wichtig, ein besseres Verständnis der qualitätsbeeinflussenden Faktoren zu gewinnen. Daher soll der Einfluss von Entwicklungsstadium und Umweltbedingungen auf Gesamtphenole und antioxidative Kapazität der Zitronenmelisse näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Am Versuchsstandort Rauischholzhausen wurde 2012 ein Feldversuch mit zwei Sorten Zitronenmelisse angelegt. Im Jahr 2013 konnten zwei Aufwüchse geerntet werden. Im ersten Aufwuchs wurde der Effekt des Schnitttermins (früh, mittel, spät) und der Sorte ('Aufrechter Typ' und 'Lemona') analysiert. Der zweite Aufwuchs enthielt neben diesen beiden Prüffaktoren zusätzlich eine Schattenvariante, die einer um etwa die Hälfte reduzierten Lichtintensität ausgesetzt war.
Aus der getrockneten Blattdroge wurden methanolische Extrakte sowie Teeaufgüsse hergestellt, in denen die Konzentration an Gesamtphenolen nach Folin-Ciocalteu (als Gallussäure-Äquivalente = GAE) sowie die antioxidative Kapazität mittels ORAC-Assay (als Trolox-Äquivalente = TE) ermittelt wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der Gesamtphenole zeigte sich beim ersten Aufwuchs kein signifikanter Einfluss der Faktoren Sorte und Schnitttermin. Im methanolischen Extrakt lag die Konzentration an Gesamtphenolen mit 155,35 mg GAE/g TM in der gleichen Größenordnung wie im Teeaufguss. Für den zweiten Aufwuchs zeigte sich ein Lichteffekt, der jedoch durch einen Sorteneffekt überlagert wurde. So reagierte die Sorte 'Aufrechter Typ' stärker auf die reduzierte Lichtintensität als die Sorte 'Lemona'.
Die antioxidative Kapazität im methanolischen Extrakt wurde beim ersten Aufwuchs durch den Schnitttermin signifikant beeinflusst. Im Teeaufguss wurde ein signifikanter Einfluss des Faktors Sorte festgestellt, zusätzlich trat jedoch ein Interaktionseffekt Sorte*Schnitttermin auf. Beim zweiten Aufwuchs ergaben sich signifikant niedrigere Werte der antioxidativen Kapazität in der beschatteten Variante. Für den Teeaufguss wurden Werte von 1926,5 µmol TE/150 ml für die Lichtvariante und 1505,3 µmol TE/150 ml für die Schattenvariante ermittelt (Abb. 1).

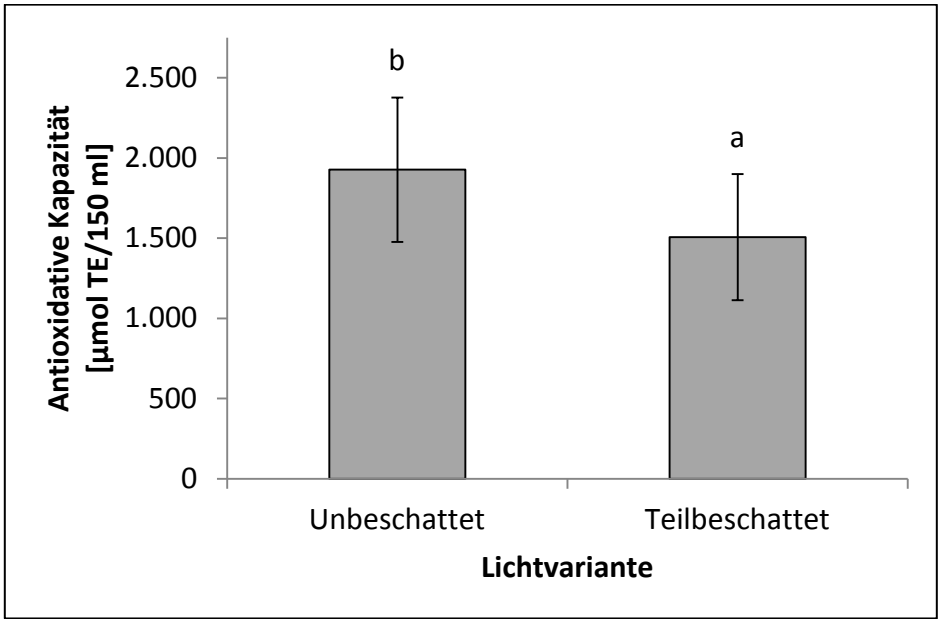


Abb. 1: Effekt der Lichtintensität auf die antioxidative Kapazität von Zitronenmelisse-Teeaufgüssen [µmol TE/150 ml].
Feldversuch Rauischholzhausen 2013, 2. Aufwuchs.
Dargestellt sind Mittelwerte ± Standardabweichung, p = 0,001.

Durch die Ergebnisse konnte unter Feldbedingungen ein Einfluss der Lichtintensität auf die Gesamtphenole und die antioxidative Kapazität gezeigt werden, wobei die beiden Sorten teilweise unterschiedlich reagierten.

Literatur

Ph. Eur. 7. (2011): Monographie Melissenblätter. In: Europäisches Arzneibuch. 7. Ausgabe. Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, S. 1799–1800.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 277–278 (2015)

Klimaoptimierte Anpassungsstrategien in der Landwirtschaft – Optimierter Klimabetrieb „II“

Nicolas Ruoss[1,2], Reinhard Well[1], Heinz Flessa[1] und Bernhard Carl Schäfer[2]

[1]Thüneninstitut für Agrarklimaschutz, Braunschweig; [2]Fachhochschule Südwestfalen Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. E-Mail: *nicolas.ruoss@ti.bund.de*

Einleitung

In dem Vorhaben werden Ansätze zur Reduktion von klimaschädlichen Gasemissionen durch die Landwirtschaft erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der besonderen Bedeutung einer optimierten Stickstoffdüngung für die erfolgreiche Ein- und Fortführung einer durchgängigen Direktsaat und die Minimierung des Treibhauspotentials. Es sollen realistische Abschätzungen von Emissionsminderungspotentialen vorgenommen werden. Des Weiteren sollen aus dem Projekt Daten für den effizienten Einsatz von Wirtschaftsdüngern, besonders für den Einsatz von Gärrückständen aus Biogasanlagen, abgeleitet werden.

Material und Methoden

Es erfolgt eine Systemanalyse von drei virtuellen Betrieben (Marktfrucht-, Viehhaltender Betrieb mit Biogasanlage (V-Betrieb), optimierter Klimabetrieb (O-Betrieb)), deren Fruchtfolgen praxisnah an den Standorten Soest und Braunschweig (BS) abgebildet werden. Die Bewirtschaftung erfolgt sowohl mit praxisüblicher als auch moderner Spezialtechnik (bspw. Strip-Till-Technik). Wesentliche Ansatzpunkte zum Erreichen der o.g. Ziele sind die Auflockerung der Fruchtfolge und eine weitere Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität. Die Düngung wird mit Gärresten entsprechend der in den Betrieben anfallenden Nährstoffmengen vorgenommen, die mineralische N-Ergänzungsdüngung mit Zu- und Abschlägen gegenüber dem N-Sollwert variiert. In einer Auswahl der etablierten Systeme werden N_2O- und NH_3-Emissionen (geschlossene Kammermethode für N_2O, Dräger-Tube-Methode für NH_3) gemessen, um die Höhe der gasförmigen Stickstoffverluste in Abhängigkeit von Standorteigenschaften sowie Witterungs- und Ausbringungsbedingungen zu ermitteln. Am Standort Soest werden im Silomais (SM) im Vergleich zum Standort BS im O-Betrieb zwei zusätzliche Varianten erfasst. Hier werden neben der Variante mit Biogasgärresten und Schleppschlauch (T2) (ebenfalls im O-Betrieb in BS) noch eine rein mineralische Variante (T1) sowie die Variante Strip-Till mit Gärrestunterfußdüngung (T3) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend sind die ersten Ergebnisse zu N_2O- und NH_3-Emissionen am Standort Soest abgebildet. Abbildung 1 zeigt die berechneten N_2O-Emissionen [g N_2O-N ha^{-1} d^{-1}] der Varianten des SM des zurückliegenden Projektjahres 2014. Nennenswert sind die relativ geringen N_2O-Flüsse im V-Betrieb im Vergleich zu den Varianten des O-Betrieb. Alle Varianten des O-Betrieb scheinen im Schnitt erhöhte Emissionen vorzuweisen im Vergleich zum V-Betrieb. Besonders die Varianten mit Schleppschlauchausbringung (T2) sowie die rein mineralische Variante (T1) zeigen erhöhte Emissionen. Die Strip-Till-Gärrestunterfußdüngung (T3) scheint am Standort Soest vorteilhaft im Sinne einer Emissionsminderungsmaßnahme, steht allerdings einer Schleppschlauchausbringung mit sofortiger Einarbeitung (V-Betrieb T2) hinten

an. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den NH_3-Emissionen (Abb. 1) am Standort Soest. In der Strip-Till-Variante (O-Betrieb T3) sind durch die direkte Injektion der Gärreste in den Boden keine Emissionen messbar. Im V-Betrieb (T2) sind lediglich zwischen Ausbringung und Einarbeitung (< 1 h) NH_3-Emissionen messbar. Die Einarbeitung der Gärreste führt hier letztendlich zu einer Vermeidung von NH_3-Emis-

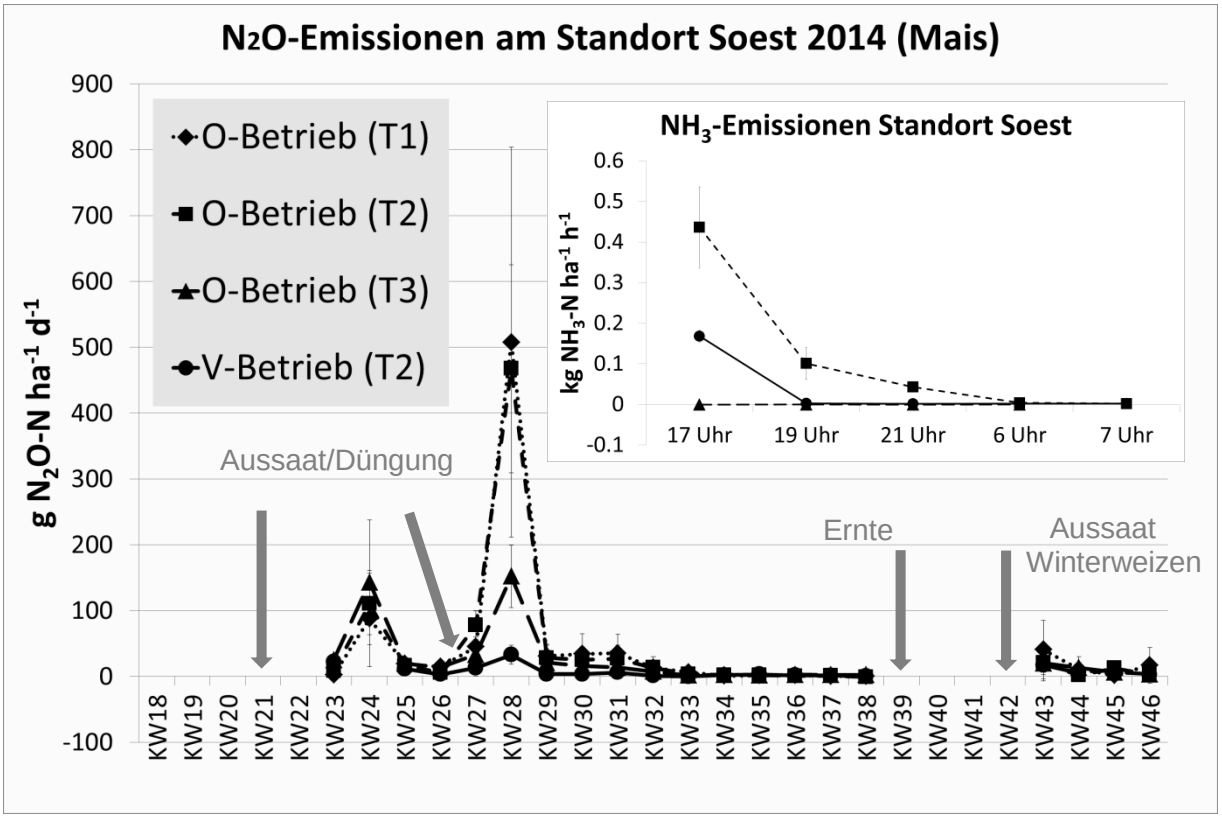


Abbildung 1: N_2O-Emissionen am Standort Soest (V-Betrieb (T2); O-Betrieb (T1;T2;T3)) in den jeweiligen Sollwert-Varianten, sowie N-Verlust über NH_3-Emissionen in der Kultur Silomais am Standort Soest

sionen. Kumuliert sind in dieser Variante 0.18 kg N zwischen Düngerausbringung und Einarbeitung über Ammoniakausgasung verloren gegangen. Am schlechtesten schneidet die Schleppschlauchvariante mit Ausbringung der Gärreste in den stehenden Bestand (O-Betrieb T2) ab. Deutlich zu sehen ist, dass innerhalb der ersten vier Stunden nach Ausbringung der Gärreste die höchsten N-Verluste durch NH_3-Emissionen zu verzeichnen sind. Kumuliert sind in dieser Variante 0.76 kg N nach der Düngungsausbringung über Ammoniakausgasung verloren gegangen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 279–280 (2015)

Plant growth, water and nutrient uptake under subsurface drip fertigation (SDF)

A. Corbel, H. Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Hannover;
E-Mail: *corbel@gem.uni-hannover.de*

Introduction

Since several decades, the input of reactive N in agricultural soils has increased by 800 % (Canfield 2010). These high nutrient application levels which are needed to reach a high productivity have negative consequences on the environment (Schlesinger 2009). As the storage capacity of the agricultural soil and the uptake capacity of the crops are limited?, a great part of nutrients may get lost through leaching from the soil to the deeper ground water or through gaseous fluxes (N2 and N20) to the atmosphere (Bobbink 2010). Until now, the attempts of agricultural research for a better control of nitrogen fluxes have not reduced losses to acceptable levels. Therefore, nutrient strategy management has to fundamentally evolve to significantly reduce nutrient losses.

Applying nitrogen through drip irrigation systems placed below the plough horizon in agricultural fields may be an efficient way of delivering water and fertilizers directly to the plant root in a well-controllable way (Camp 1998). In such sub-surface drip fertigation (SDF) systems small frequent fertigation applications may avoid water and nutrient losses out of the root zone and increase nutrient uptake of the plant roots (Hebbar et al. 2004). A major concern with SDF is the evaluation of the uniformity. Under SDF, plants are exposed to spatially and temporally variable water and nutrient gradients which affect root architecture and root activity (Coelho 1999). However, little is still known about the plant response to such heterogeneous water contents and nutrient concentrations as it leads to complex 3-dimensional flow field structures (Khumoetsile M. 2000). To provide a better understanding of functional relationships between crop growth and water and nutrient supply under SDF, a modeling approach using crop and root parameters as influenced by water contents and nutrient concentrations is developed.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in Ruthe, near Hannover, by testing red cabbage (Brassica oleracea *Resima RZ* F1) under SDF. The experimental area was about 420 m² and composed of 2 blocks of 30m*6m. The treatments consisted of one block irrigated with a subsurface fertigation unit (SDF) and one block, which was managed with conventional irrigation and fertilization applications (control). The fertigation unit was composed of 5 laterals that were buried at a depth of 40cm below the soil surface and spaced at 1,5m from each other. Soil water contents, solute concentrations and root distribution were monitored using respectively soil water sensors, suction cups and minirhizotrons in different depths and row positions in the field. Non-destructive measurements of plant growth parameters and of the development of canopy are regular measured. Plant probes of leaves, generative organs and roots were destructively taken at relevant stages for further analysis such

as nitrogen content and dry masses. Yield was determined at the end of the cultivation.

Literatur

Bobbink, R. (2010): Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. In: Ecological Applications 20 (1), S. 30–59. DOI: 10.1890/08-1140.1.

Camp (1998): Subsurface Drip Irrigation : A Review. In: American Society of Agricultural Engineers (Vol. 41 (5)), S. 1353–1367.

Canfield (2010): The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. In: Science (New York, N.Y.) 330 (6001), S. 192–196. DOI: 10.1126/science.1186120.

Coelho (1999): Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. In: Plant and Soil 206 (2), S. 123–136. DOI: 10.1023/A:1004325219804.

Hebbar, S.S; Ramachandrappa, B.K; Nanjappa, H.V; Prabhakar, M. (2004): Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). In: European Journal of Agronomy 21 (1), S. 117–127. DOI: 10.1016/S1161-0301(03)00091-1.

Khumoetsile M. (2000): Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. In: Plant and Soil 222 (1/2), S. 163–190. DOI: 10.1023/A:1004756832038.

Schlesinger (2009): On the fate of anthropogenic nitrogen. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106 (1), S. 203–208. DOI: 10.1073/pnas.0810193105.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 281–282 (2015)

Indikatoren zur “funktionalen Diversität“ am Beispiel der Regenwurmvorkommen auf neun bayerischen Praxisbetrieben

Zvorykina, Anna; Köhler, Anna; Papaja-Hülsbergen, Susanne; Wolfrum, Sebastian

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising. E-Mail: *anna.zvorykina@gmail.com*

Einleitung

Landwirtschaft und Biodiversität sind eng miteinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig sowohl positiv als auch negativ. So gilt Landwirtschaft sowohl als Hauptverursacher von Biodiversitätsverlusten als auch als Produzent von biologischer Vielfalt. Landwirte sind einerseits bemüht Biodiversität, z. B. durch Schädlingsbekämpfung, zu regulieren. Andererseits könne sie auch von Ökosystemleistungen und Funktionen, die mit Biodiversität verbunden sind, profitieren. Informationen zum Zustand und die Entwicklung von funktionaler Biodiversität sind somit gerade aus pflanzenbaulicher Sicht interessant. So sind mit ihr wichtige Funktionen und Prozesse wie z. B. Bestäubung oder Bodenfruchtbarkeit verbunden. In diesem Zusammenhang werden mit Bezug zur Bodenfruchtbarkeit häufig Regenwürmer untersucht. Die Berechnung und Auswahl geeigneter Indikatoren ist allerdings nicht ohne Herausforderungen. Gerade bei der Analyse funktionaler Aspekte kommen neben klassischen Indikatoren wie Individuenzahl, Biomasse, Artenzahl und –diversität weitere Parameter zur funktionalen und phylogenetischen Diversität hinzu. Der Beitrag stellt die Berechnung und Interpretation dieser Indikatoren zur “funktionalen Diversität“ am Beispiel der Regenwurmvorkommen auf Praxisbetrieben vor.

Material und Methoden

Zur Berechnung der Indikatoren wurden 2014 die Regenwürmer in 64 Probeflächen auf neun Praxisbetrieben (5 ökologisch; 4 integriert) in Südbayern erfasst. Die Auswahl der Probeflächen spiegelt die Kulturen der Fruchtfolgen und Grünlandtypen der Betriebe wider. Für die Erfassungen wurde eine kombinierte Methode aus chemischer Extraktion mittels verdünnter Senföllösung (Allylisothiocyanat) und zeitbegrenzter Handauslese nach Dennis et al. (2012) verwendet. Für alle gefangenen Individuen wurde die Biomasse und Artengruppe bestimmt. Nur adulte Individuen wurden bis auf Artniveau bestimmt und für die Analysen genutzt. Für die Berechnungen der Indikatoren in R 3.1.3 (R Core Team 2015) wurden die Pakete „BAT“ (Cardoso et al. 2015) und „iNEXT“ (Hsieh et al. 2014) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 3205 (903 g) Regenwürmer und 10 Arten erfasst. Der Anteil der Juvenilen lag bei 70% der Individuen und 36% der Biomasse. 8% der Individuen gehörte zur anözischen Lebensform, 80% zur endogäischen und 11% zur epigäischen. Bei der Biomasse lagen die Anteile bei 42%, 49% und 9%. Die Dominanz der endogäischen Arten entspricht den Ergebnissen von Falco et al. (2015) und ist ein Indikator dafür, dass es sich bei den untersuchten Flächen um eher intensiv genutzte Böden handelt.

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der acht Indikatoren, die für die neun Betriebe berechnet wurden. Mit Bezug zu Ökosystemleistungen sind vor allem die Werte der funktionalen Diversität (FD) interessant. Auf Grund der geringen Artenzahl bei den Regenwürmern und der für die Analyse gewählten Arteigenschaften sind nur geringe Unterschiede zwischen den Betrieben sichtbar. Auch zeigen phylogenetische (PD) und taxonomische Diversität (TD) ähnliche Muster wie die funktionale Diversität (FD).

Tab. 1: Ergebnisse der Indikatorberechnungen in R (Abundanz=Anzahl Individuen; TD_{alpha}=mittlere Artenzahl pro Probefläche; TD_{obs}=beobachtete Artenzahl; PD_{obs}=beobachtete phylogenetische Diversität; FD_{obs}: beobachtete funktionale Diversität; S_{rar}= "rarifizierte" Artenzahl exp. Sh_{rar}= "rarifizierter" exp. Shannon Index; inv. Si_{rar}= "rarifizierter" inv. Simpson Index). „Rarifizierte“ Werte wurden für jeweils 6 Probeflächen berechnet.

Betrieb	Management	Abundanz	TD_{alpha}	TD_{obs}	PD_{obs}	FD_{obs}	S_{rar}	exp. Sh_{rar}	inv. Si_{rar}
B01	öko	193	3.9	8	4.5	2.6	6.6	5.8	5.3
B02	öko	80	2.8	5	3.3	1.8	4.1	3.7	3.5
B03	öko	21	2.3	7	4.3	2.4	5.6	4.7	4.1
B04	öko	80	4.3	9	4.8	2.9	7.7	6.9	6.4
B05	int	155	3.5	6	3.5	2.1	5.3	4.9	4.6
B06	int	96	3.0	6	3.5	2.1	4.8	4.3	4.0
B07	int	118	3.1	7	4.3	2.4	5.2	4.4	4.1
B08	öko	109	3.8	7	4.3	2.4	5.7	5.1	4.8
B09	int	96	3.1	7	4.3	2.3	6.0	5.3	4.7

Mit den vorgestellten Indikatoren ist eine differenzierte Interpretation und Bewertung von Biodiversitätsdaten für die Bearbeitung agrarökologischer Fragen möglich. Die Berechnung funktionaler oder phylogenetischer Indizes ist allerdings mit umfangreichen Vorarbeiten wie z. B. der Recherche und Auswahl von Arteigenschaften verbunden. Die Sensitivität der Ergebnisse für die Auswahl dieser Eigenschaften und die Relation von Aufwand und Nutzen muss bei den Regenwürmern noch geprüft werden.

Danksagung

Die Arbeit wurden im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Instrumenten für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel“ (AZ 31164-33/0) durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

Cardoso, P.; Rigal, F.; Carvalho, J.C. (2015): BAT: Biodiversity Assessment Tools. R package version 1.3.0.

Dennis, P.; Bogers, M.M.B.; Bunce, R.G.H.; Herzog, F.; Jeanneret, P. (2012): Biodiversity in organic and low-input farming systems. Handbook for recording key indicators. Alterra report, 2308; Alterra, Wageningen

Falco, L.B.; Sandler, R.; Momo, F.; Di Ciocco, C.; Saravia, L.; Coviella, C. (2015): Earthworm assemblages in different intensity of agricultural uses and their relation to edaphic variables. PeerJ 3:e979.

Hsieh, T.C.; Ma, K.H.; Chao, A. (2014): iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 2.0.

R Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 283–284 (2015)

„Tea Bag Index“ – Die Anwendung des TBI als einfache und kostengünstige Standardmethode zur Erfassung der Zersetzungsrate organischer Substanz in Ackerböden

Schwengers, Katharina; Wolfrum, Sebastian

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising. E-Mail: *katharina.schwengers@googlemail.com*

Einleitung

Im Zuge der Zersetzung und Mineralisierung wird organisches Material im Boden abgebaut. Dabei werden Nährstoffe freigesetzt, die wiederum für das Wachstum anderer Organismen zur Verfügung stehen. Auf Ackerflächen profitieren in erster Linie angebaute Kulturpflanzen von dieser Ökosystemleistung der Bodenorganismen. Allerdings entsteht bei der Zersetzung auch das Treibhausgas Kohlendioxid, so dass unter dem Aspekt des Klimaschutzes und der Kohlenstoffspeicherung ein langsamer Abbau anzustreben ist. Informationen über den Umfang und die Geschwindigkeit der Zersetzung und damit über die Aktivität der Bodenorganismen sind somit von großer Bedeutung. Bisher wurden Zersetzungsraten meist aufwendig mit der Netzbeutel-Methode (litterbags) oder z. B. mittels Baumwollstreifen bestimmt. Mit der Entwicklung des „Tea Bag Index“ (TBI) durch Keuskamp et al. (2013) steht nun eine einfache, standardisierte und kostengünstige Methode zur Verfügung, um Abbauraten im Boden zu bestimmen. In der Literatur finden sich für die Methode gute Ergebnisse in unterschiedlichen Lebensraumtypen wie Grünland, Wald und Moor. Ziel dieser Untersuchung ist es die Anwendung der Methode auf ackerbaulich genutzten Flächen in Süddeutschland zu testen. Weiterhin werden der Aufwand und die Kosten für die Durchführung der Untersuchungen evaluiert, um Grundlagen für weitere Anwendungen der Methode zu liefern.

Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden auf neun Praxisbetrieben (5 ökologisch; 4 integriert) in Südbayern 25 Probeflächen auf Wintergetreideflächen eingerichtet. Für den TBI wurden Mitte April 2015 auf diesen Probeflächen 4 Wiederholungen aus je einem handelsübliche Grüntee- und einem Rooibosteebeutel ca. 8 cm tief vergraben. Die Markierung der einzelnen Wiederholungen im Bestand erfolgte mit GPS und mit kleinen, roten bodennah angebrachten Fähnchen. Die Teebeutel wurden im Juli kurz vor der Ernte wieder ausgegraben. Über die Gewichtsabnahme der Teebeutel wurde anschließend die Zersetzung bestimmt. Abb. 1 veranschaulicht den Ablauf des TBI Tests. Zusätzlich zu den Messungen wurden Daten zum Beprobungsaufwand (Vorbereitung, Durchführung der Messung, Auswertung) und den Materialkosten erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt der Beitragseinreichung war die Untersuchung und Auswertung noch nicht abgeschlossen, weshalb hier nur vorläufige Ergebnisse präsentiert werden können. Die Materialkosten des TBI waren mit ca. 0,50 € pro Wiederholung für die Teebeutel gering. Kosten entstanden vor allem durch das Personal für Vorbereitung, Durchführung und Auswertung (ca. 45 min. pro Wiederholung) und die für die Beprobung in Praxisbetrieben nötigen Fahrten. Die Wiederauffinderate der Teebeutel

schwankte stark zwischen den Flächen, liegt aber im Schnitt bei ca. 50-75%. Ausfälle ergaben sich selbst in den Ökoflächen mit mechanischer Unkrautbekämpfung weniger durch direkten Verlust der Teebeutel als durch unauffindbare Probepunkte. Eine verbesserte Markierung, die im Bestand deutlicher sichtbar wird und robuster gegen Bewirtschaftungsmaßnahmen und Zerstörung durch Tiere ist könnte die Erfolgschancen erhöhen. Zusammenfassend erwies sich der TBI bisher als praktikables Instrument für die Bestimmung von Abbauraten. Die Evaluierung der Qualität der Ergebnisse wird allerdings erst nach Abschluss der Messung möglich sein.

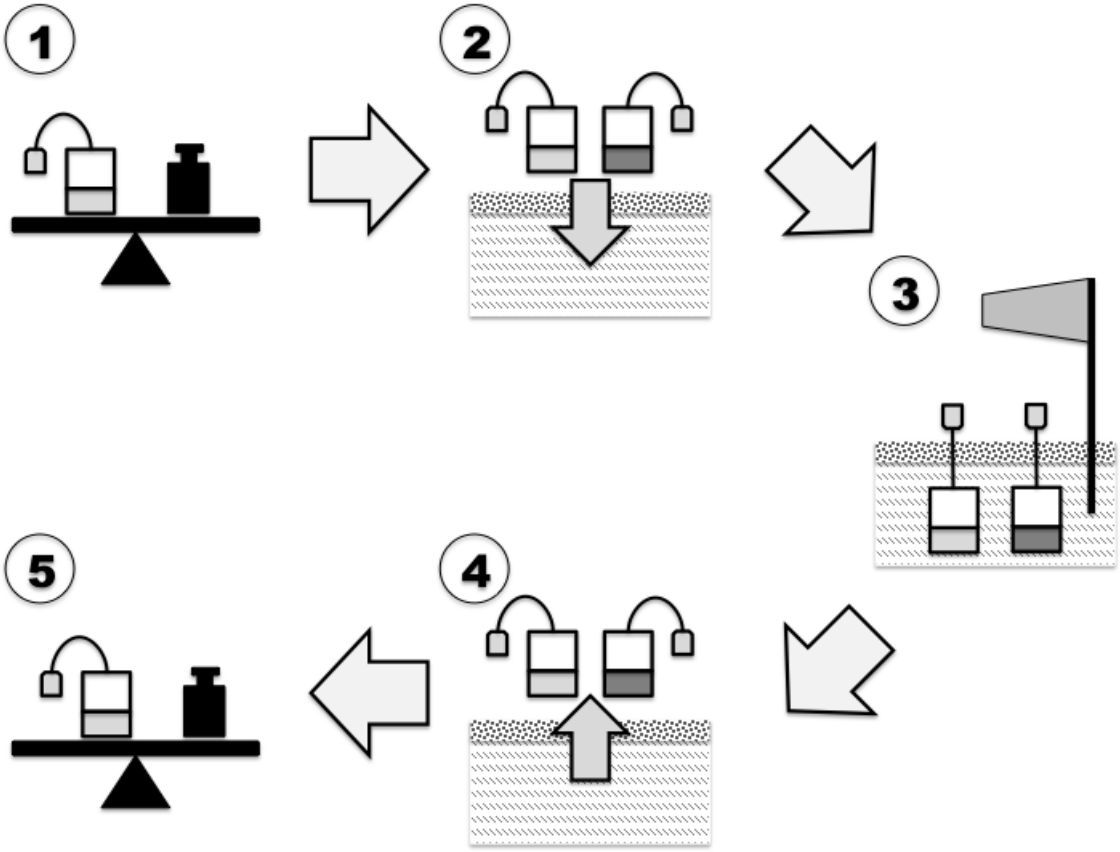


Abb. 1: Schema TBI Arbeitsablauf: 1) Gewicht Teebeutel notieren und kennzeichnen 2) Je einen Grüntee- und einem Rooibosteebeutel pro Wiederholung 8 cm tief eingraben und Probefläche markieren 3) Teebeutel ca. 90 Tage im Boden belassen 4) Teebeutel ausgraben 5) Teebeutel trocknen, wiegen und Abbaurate berechnen (verändert nach Keuskamp et al. 2013).

Danksagung

Die Arbeit wurden im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Instrumenten für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel“ (AZ 31164-33/0) durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

Keuskamp, J.A.; Dingemans, B.J.J.; Lehtinen T.; Sarneel J.M.; Hefting M.M. (2013): Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. Methods in Ecology and Evolution, 4, 1070-1075.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 285–286 (2015)

Entwicklung der Gehalte an verdaulichen essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen

Sommer, H.[1], Schulz, H.[2] und A. Sundrum[1]

[1]Fachgebiet für Tierernährung und Tiergesundheit, Universität Kassel, Witzenhausen; [2]Fachgebiet 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 verdaulichen essentiellen Aminosäuren besitzen. Während im letzten Tagungsbeitrag die absoluten Gehalte essentieller Aminosäuren vorgestellt wurden (SOMMER ET AL. 2014), wird in diesem Beitrag deren Verdaulichkeit und daraus resultierend der Gehalt verdaulicher essentieller Aminosäuren in Abhängigkeit vom Wuchsstadium der Pflanze vorgestellt.

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. Die Verdaulichkeiten der Organischen Masse der Blattmasse wurden mit dem *In vitro*-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997), modifiziert nach SAPPOK ET AL. (2009) bestimmt. Die Verdaulichkeiten der essentiellen Aminosäuren wurden durch Differenzbestimmung in Verbindung mit der verdaulichen Organischen Masse berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der laufenden Untersuchungen des Projektes wurde festgestellt, dass die in feinsamigen Leguminosen enthaltenen essentiellen Aminosäuren über hohe praeceacale Veradaulichkeiten verfügen. Im vorliegenden Versuch konnte diese Aussage bestätigt werden. Die Verdaulichkeiten der essentiellen Aminosäuren liegen über 80 %. In vorliegendem Beitrag wird die Entwicklung des Gehaltes an praeceacal verdaulichem Lysin mit zunehmender Wuchshöhe und damit mit fortschreitender

Pflanzenentwicklung aufgezeigt. 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 Gehalt an praeceacal verdaulichem Lysin aufgezeigt haben (dLYS: Ø 17,9 g 1000 g^{-1}; ∂ 0,54 g 1000 g^{-1}), nahmen bei der Luzerne diese Gehalte mit zunehmendem Wuchs weniger ab im Vergleich zu den übrigen Arten.

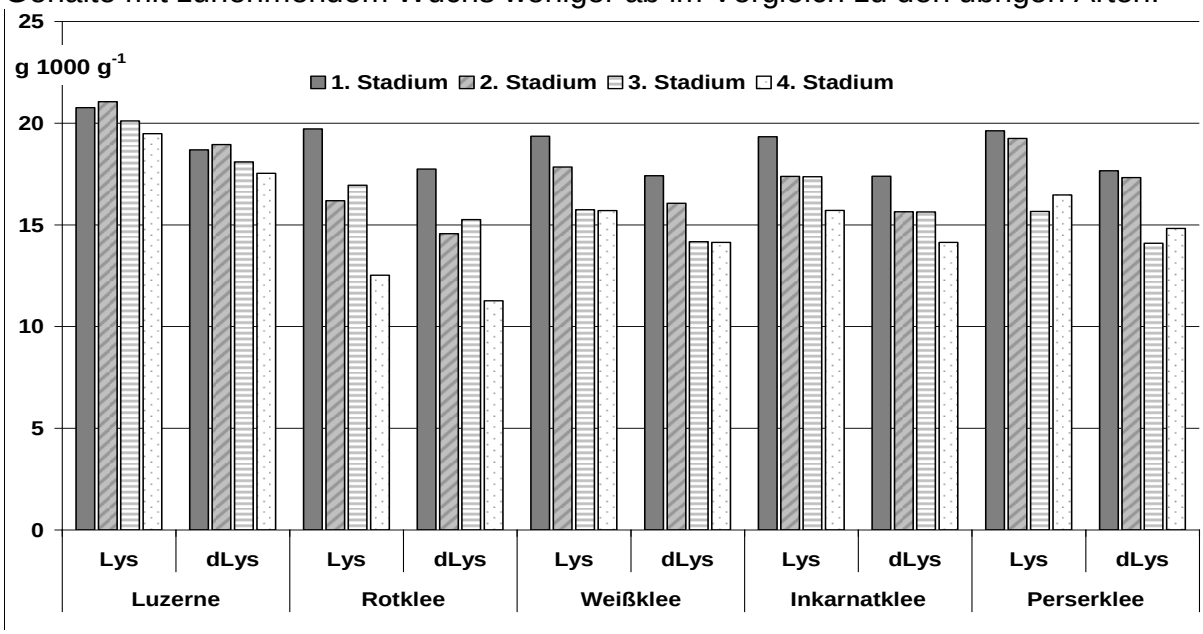


Abbildung 1: Beziehung zwischen dem Rohproteingehaltes und dem Schnittzeitpunkt

Die Ergebnisse bestätigen die These, dass feinsamige Leguminosen bei frühzeitiger Schnittnutzung einen erheblichen Beitrag zur Versorgung mit essentiellen Aminosäuren leisten können. Allerdings ist noch zu klären, wie hoch der Gehalt an faserhaltigen Komponenten (XF, NDF_{OM} und ADF_{OM}) ist, um eine Einschätzung über den Mischungsanteil in der Ration zu erzielen.

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.

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., SCHULZ, H. und A. SUNDRUM (2014): Entwicklung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren während der Wachstumsphase von feinsamigen Leguminosen. In: Pekrun, C.; Wachendorf, M. a. Francke-Weltmann, L. (eds.): Technik der Pflanzenproduktion. Tagungsband 2014. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26. Göttingen, 222–223.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 287–288 (2015)

Klimaresilienz durch Agrobiodiversität? – Literaturstudie zum Zusammenhang zwischen Elementen der Agrobiodiversität und der Empfindlichkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen gegenüber dem Klimawandel*

Ute Petersen und Hans-Joachim Weigel

Thünen Institut für Biodiversität, Braunschweig; ute.petersen@ti.bund.de; *hans.weigel@ti.bund.de*

Einleitung

Im globalen und regionalen Kontext wird wiederholt auf eine Diversifizierung der Agrarproduktion von der genetischen über die Betriebs- bis hin zur Landschaftsebene als eine entscheidende Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel hingewiesen. Allgemein akzeptiert ist, dass für die züchterische Anpassung von Nutzpflanzen an künftige Klimaverhältnisse (insbesondere die graduelle Änderung des Klimas) ausreichende genetische Ressourcen in Form von Varietäten und Wildformen der Kulturpflanzen unerlässlich sind. Kaum untersucht sind dagegen mögliche Anpassungsstrategien an die zukünftig häufiger auftretenden Extrem-Wetterereignisse (u.a. Hitzewellen, Trockenheitsperioden, Starkregen, Sturm). Ob Elemente der Agrobiodiversität (u.a. Sorten-, Arten-, Fruchtfolgenwahl, Landschaftsgliederung, angebaute und assoziierte Biodiversität; vgl. Abb.1) als eine Art „Versicherung“ gegen Verluste durch diese Klimaextreme dienen können, ist umstritten. Es wurde eine Auswertung der relevanten Literatur zu diesem Thema im Hinblick auf die verschiedenen Ebenen der Agrobiodiversität vorgenommen.

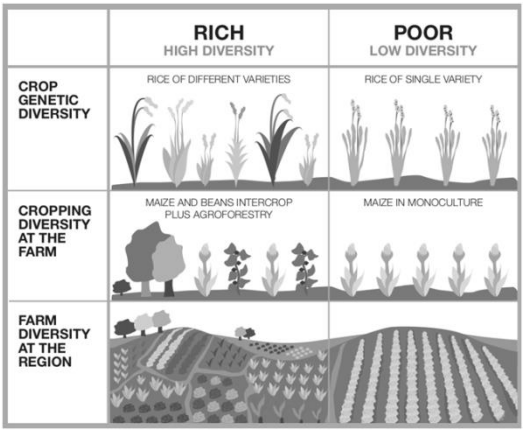


Abb.1 Hohe und niedrige Agrobiodiversität auf verschiedenen Skalenebenen. Aus: Tirado & Cotter (2010).

Material und Methoden

Mehrere wissenschaftliche Datenbanken wurden unter Verwendung der drei Schlagworten wie „Agrobiodiversität – Extreme – Resilienz“ (sowie zugehöriger Synonyme) auf verwertbare Quellen hin untersucht. Es wurden nur primäre Quellen in Betracht gezogen, das heißt solche, die auf experimentell oder per Umfrage ermittelten Daten aufbauen.

Ergebnisse und Diskussion

Nur ein geringer Teil (< 15%) der über 1000 ermittelten Quellen waren Studien mit Primärdaten, die sich mit dem Einfluss von Elementen der Agrobiodiversität auf die Ertragsstabilität unter extremen oder variablen Wettereinflüssen befassten. Es wurden nach Auswertung der verfügbaren Literatur auf allen Diversitätsebenen vorwiegend positive Wirkungen der Agrobiodiversität im Hinblick auf eine bessere Resilienz gegenüber Klimaereignissen gefunden (Abb. 2). Die Erhöhung der Artenvielfalt war am häufigsten Ziel entsprechender Untersuchungen**.**

Die verwertbaren Quellen bezogen sich zu ca. 45% auf kleinbäuerliche Systeme vorwiegend in den Tropen oder Subtropen, die sich in ihrer Struktur und in der

Bedeutung der Agrobiodiversität für das gesamte System deutlich von der industrialisierten Landwirtschaft in Mitteleuropa unterscheiden (Abb. 2). Die am häufigsten untersuchten Extremereignisse waren Trockenheit bzw. Dürre und damit im Zusammenhang stehend die Niederschlagsvariabilität. Starkregen, Überschwemmung und Hitze bzw. hohe Temperaturen standen kaum im Fokus. Vor allem in low-input Systemen der Entwicklungsländer der Tropen und Subtropen hilft

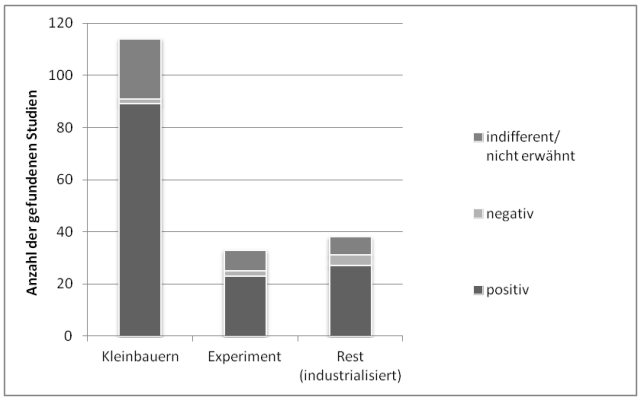


Abb. 2 Anzahl der Studien mit positiver, negativer und indifferenter Wirkung der Agrobiodiversität auf die Resilienz gegenüber klimatischen Veränderungen bzw. Einflüssen in verschiedenen landwirtschaftlichen Systemen und Experimenten.

eine Diversifizierung von Sorten einer Kulturart und von verschiedenen Kulturarten klimatische Risiken und insbesondere extreme klimatische Ereignisse abzumildern. Auf der Betriebsebene sorgen hier z.B. vielfältige Gehölz-Strukturen meist in Kombination mit ökologischer oder konservierender Bewirtschaftung für eine höhere Resilienz gegenüber Starkregen und Überschwemmung. Aus der vergleichsweise sehr geringen Zahl der Studien, die sich in der industrialisierten Landwirtschaft der gemäßigten Zone mit dem Zusammenhang zwischen Sorten- und Artenvielfalt und Klimaveränderungen bzw. klimatischen Extremereignissen befassen, sind keine konsistenten Ergebnisse ableitbar.

Für die deutsche Landwirtschaft können belastbare Aussagen über eine mögliche Versicherungsfunktion von Elementen der Agrobiodiversität gegenüber dem Klimawandel aufgrund fehlender Studien zurzeit nicht getroffen werden. Es wurden nur 10 thematisch relevante Studien ermittelt, deren Schwerpunkt vor allem im Rahmen der ökologischen Grundlagenforschung lag. Dabei wird die Thematik an landwirtschaftlich relevantem Grünland repräsentativ für andere Agrarökosysteme untersucht. Seitens des ökologischen Landbaus besteht insofern Interesse an dem Thema als dort die Resilienz gegenüber Klimaveränderungen indirekt über die durch spezielle Bewirtschaftung und erweiterte Fruchtfolgen verbesserten Bodeneigenschaften gestärkt werden sollte. Ein reich strukturierter, humusreicher Boden, wie er in der ökologischen Landwirtschaft Bewirtschaftungsziel ist, ist z.B. in der Lage, sowohl Trockenzeiten als auch Starkregenereignisse abzupuffern (Zeiger & Fohrer 2009). Für konventionell bewirtschaftete Betriebe gibt es bisher keine Untersuchungen zum Einfluss einer Erhöhung der Agrobiodiversität auf die Resilienz gegenüber klimatischen Veränderungen.

download: https://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen-Report_25.pdf

Literatur

TIRADO, R. UND COTTER, J. 2010. Ecological farming: drought resistant agriculture. GRL technical notes. S. Erwood, N. Truchi und D. Stabinsky (Hrsg.), Greenpeace Research Laboratories (GRL), Amsterdam, Netherlands.

ZEIGER, M. UND FOHRER, N. 2009. Impact of organic farming systems on runoff formation processes-A long-term sequential rainfall experiment. Soil & Tillage Research 102: 45-54.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 289–290 (2015)

GHG mitigation potentials in the winter wheat – summer maize double cropping system of Northern China

Nan Ha[1] and Til Feike[2]

[1]Institute of Farm Management (410b), Universität Hohenheim, Stuttgart; [2]Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow. E-Mail: *til.feike@jki.bund.de*

Introduction

Through the emission of greenhouse gases (GHG) agriculture contributes substantially to global climate change (GCC). At the same time GCC endangers stability and productivity of major cropping systems, with crop production in China being especially vulnerable. The winter wheat – summer maize double cropping system constitutes the most important cropping system of northern China. In the study region Quzhou County of Hebei Province the WW-SM system covers around 80% of total crop land. Crop production in the region is characterized by very high input levels, low efficiency and large yield gaps. To realize a more sustainable crop production in the region it is of vital importance to analyze farmers' current crop management strategies, and identify pathways, which support the mitigation of GHGs and at the same time help to increase rural incomes from crop production.

Material and Methods

A survey was conducted in Quzhou County in summer 2011 interviewing 65 WW-SM producing farm households using a standardized quantitative questionnaire. Supplemented with specific secondary data (e.g. local GHG emission factors) the detailed farm level crop production data was used to calculate the individual farms' product carbon footprint (PCF) and gross margin using a partial life cycle (LCA) analysis approach. In a second step regression analysis was applied to identify the production factors determining farmers' agronomic, economic and environmental performance. Finally, scenario analysis was employed, to test the potential of alternative simple nitrogen fertilization strategies to mitigate GHG emission from WW and SM production.

Results and Discussion

The analysis of the 65 farm households' production data shows that a huge diversity exists among the individual producers regarding their agronomic, economic and environmental performance (cf. Table 1). Worst performing farms exerted an up to five times higher environmental impact, i.e. PCF, compared to best performing farms. Astonishingly no trade-off between productivity and sustainability could be identified in the region, with high-yield farms emitting no different amounts of GHGs per hectare compared to low-yield farms. The regression analysis revealed nitrogen (N) fertilization, respective N_2O emissions from soil, electricity for irrigation and labor as the major determinants of farmers' product carbon footprint (PCF) and variable costs of WW and SM production.

As the optimization of N fertilizer management was identified as the most promising field for improving production and substantially mitigating GHG emissions, the final sensitivity analysis focused on alternative N fertilization strategies. Most previous studies proclaim technologically sophisticated N management schemes, e.g. including soil and plant sampling (Cao et al. 2012; Cui et al. 2010), to realize

improved N use efficiency in the region. However, we consider those strategies as unfeasible to be widely applied under the actual Chinese production conditions. Therefore, we test three simple and easily to apply N fertilizer recommendation strategies, which could be implemented on large scale through the existing agricultural advisory system, at comparatively low cost. The effects of the three N strategies under constant and changing yield levels on product carbon footprint (PCF) and gross margin (GM) were determined for the production conditions of every individual farm household. Among the alternatives, the N fixed rate strategy realized the highest improvement potential in PCF and GM in WW; while the N coefficient strategy performed best in SM. The analysis furthermore revealed that improved N management has a significantly positive effect on farmers' PCF, but only a marginal and insignificant effect on farmers' GM. However, a potential 10% yield loss due to nutrient limitation would have only a marginal effect on PCF, but a detrimental effect on farmers' income. It was shown, that farmers currently apply excessive N rates as a "cheap insurance" against potential N limitations. Therefore, strong efforts are necessary to improve the agricultural advisory system of China to successfully overcome the excessive fertilizer use and respective environmental pollution. The study concludes that apart from stopping the indirect subsidization of N fertilizers and introducing an N tax, the implementation of a cross compliance system, which punishes non-compliance with maximum allowed N rates by cutting direct farm payments, is advisable.

Table 1. Average yield, greenhouse gas (GHG) emissions, product carbon footprint (PCF), variable costs per unit product and gross margin (GM) of the 65 surveyed WW-SM farm households; minimum and maximum values are given in parentheses.

Parameter	WW production	SM production
Yield (kg ha^{-1})	6428 (3750-9000)	7317 (5250-9375)
GHG (kg CO_2e ha^{-1})	4107 (1947–6534)	3185 (1354–5983)
PCF (kg CO_2e kg^{-1})	0.67 (0.27–1.41)	0.44 (0.18–0.83)
Variable cost per unit (€ kg^{-1})	0.11 (0.05–0.22)	0.07 (0.04–0.12)
GM (€ ha^{-1})	643 (-69–1403)	919 (425–1310)

References

Cao Q, Cui Z, Chen X, Khosla R, Dao TH, Miao Y (2012) Quantifying spatial variability of indigenous nitrogen supply for precision nitrogen management in small scale farming. Precision Agriculture, 13:45-61.

Cui Z, Chen X, Miao Y, Zhang F, Sun Q, Schroder J, Zhang H, Li J, Shi L, Xu J, Ye Y, Liu C, Yang Z, Zhang Q, Huang S, Bao D (2008) On-farm evaluation of the improved soil Nmin-based nitrogen management for summer maize in North China Plain. Agronomy Journal, 100:517-525.

Ha N, Feike T, Angenendt E, Xiao H, Bahrs E (2015) Impact of farm management diversity on the environmental and economic performance of the wheat–maize cropping system in the North China Plain. International Journal of Agricultural Sustainability, DOI: 10.1080/14735903.2015.1004856 (in press).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27: 291–292 (2015)

Mineralstoffe, Spurenelemente, Rohfett und Fettsäurenmuster in Achänen der alternativen Energiepflanze „Durchwachsene Silphie“ (*Silphium perfoliatum* L.)

Frölich, W.[1], D. Trölenberg [2], H. Kurz [3], H. Hrenn [3] und K. Stolzenburg [4]

[1]Int. Consultant, Sachsenheim [2]KWS AG, Einbeck [3]Landesanstalt für landwirtschaftliche Chemie, Stuttgart-Hohenheim, [4]Landwirtschaftliches Technologie Zentrum (LTZ), Karlsruhe-Augustenberg
E-Mail: *Walter.Froelich@gmx.net*

Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – DwS – ist eine aus der nordamerikanischen Prärie stammende ausdauernde Asteracea. Früheste Prüfungen auf Futterwert (Neumerkel 1980) hatten zwar keinen Eingang in die tierische Produktion, erhalten geblieben ist aber das genetische Material. Sie hat sich seit 2004 aber in der Methanogenese als Alternative zu Hybridmais bewährt und erfüllt mit hohen Biomasse-Erträgen und guter Silierbarkeit wesentliche Voraussetzungen für eine Nutzung als Biogas-Substrat (Biertümpfel *et al.* 2013). Der entscheidende Faktor für eine weitere Ausdehnung der Anbaufläche auf der Grundlage praxistauglicher Aussaatverfahren ist nun qualitativ hochwertiges Saatgut leistungsfähiger Genotypen. In der Regel aber zeigen die Achänen eine zu geringe Keimfähigkeit, die jedoch nach Trölenberg (2012) nicht in Dormanz begründet ist.

Frölich u. Stolzenburg (2012) fanden Hinweise darauf, dass die Keimfähigkeit der DwS-Achänen im Mineralstoff- und Spurenelementgehalt begründet sein könnte. Sauer (2011) hatte zuvor einen für die DwS günstigen Vergleich verschiedener Biogas-Substrate angestellt und dabei auf die in der Methanogenese essenziellen Spurenelemente Nickel (Ni) und Kobalt (Co) abgehoben (Demirel & Scherer 2011). Eine Negativbewertung zur Nährstoffeffizienz der DwS gaben Böhm *et. al.* (2012) ab.

Über einen Ansatz von Froelich *et al.* (2014) bei Mais hinausgehend, sollte in der vorliegenden Untersuchung geprüft werden, wie Rohfett und Fettsäuren im Vergleich zu Mineralstoffen und Spurenelementen in Achänen der DwS variieren, dies auch mit Blick auf vermutete Auswirkungen auf das Keimverhalten.

Material und Methoden

Achänen von sieben Herkünften der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.), aus den Erntejahren 2010 bis 2014 wurden an der Landesanstalt für landwirtschaftliche Chemie, Stuttgart-Hohenheim, auf Gehalte an Mineralstoffen und Spurenelementen, Rohfettgehalt und Fettsäurenmuster analysiert. Dargestellt und diskutiert werden Korrelationskoeffizienten, in der Regel r > +/- 0.8, Mittelwerte und Variationskoeffizienten, des Weiteren werden unveröffentlichte Daten mit herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Makronährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) ergaben sich Mittelwerte von 4.4, 0.73 und 1.27 % in der TS, für die Sekundärnährstoffe Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) 2842, 3090 und 5644 mg/kg TS. Die Mikronährstoffe Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Bor (B) und Molybdän zeigten mittlere Gehalte von 72, 15, 14, 37, 17 und 0.7 mg/kg TS. Das in der symbiontischen Stickstoffbindung wie auch in der Methanogenese essenzielle Element Nickel (Ni) lag im Mittel bei 1.8 mg/kg TS, mit einem Einzelwert bei knapp 4.

Die Variationskoeffizienten waren mit 14, 7 und 25 % sehr niedrig bis niedrig bei den Hauptnährstoffen N-P-K, mit 15, 22 und 33 % im gleichen Bereich bei S-Mg-Ca, ebenso bei Fe-Mn-Cu-Zn mit 23, 27, 27 und 28 %. Wesentlich höher lagen Mo mit 49 und Ni mit 53 %.

Hoch signifikante Korrelationen bei den Mineralstoffen zeigten Ca mit B (r=0.92) und mit Mg (r=0.82), ferner S mit Mg (r=0.86), bei den Mikronährstoffen waren es Mn mit Fe (r=0.97) sowie Zn mit S (r=0.81) und mit Fe (r=0.76). P und Mo wiesen mit r=0.51 eine etwas schwächere Korrelation auf. Das Spurenelement Ni zeigte eine positive Korrelation (r=0.81) mit Mn und eine negative Beziehung (r=-0.84) zu Mo.

Der Rohfettgehalt betrug im Mittel 25.1 %, die in der Fragestellung zu dieser Untersuchung relevanten Fettsäuren Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure zeigten Mittelwerte von 17.7, 68.8 und 0.3 %, Öl- und Linolsäure zusammengefasst 86.5 %. Der Variationskoeffizient betrug für den Rohfettgehalt 6 %, für die drei Fettsäuren 12, 3 und 22 %. Für Öl- und Linolsäure zusammen war es nur 1 %, die Summe dieser Fettsäuren ist mehr oder weniger konstant und liegt zwischen 85 und 90 %.

Positive Korrelationskoeffizienten ergaben sich zwischen P und Linolsäure (r=0.83) bzw. Linolensäure (r=0.92), zwischen Mo und Linolsäure (r=0.71) bzw. Linolensäure (r=0.57) sowie zwischen Linol- und Linolensäure (r=0.90). Negative Korrelationen (jeweils r=-0.88) fanden sich zwischen Rohfett und Linol- (r=-0.86) bzw. Linolensäure (r=-0.76) sowie zwischen Ölsäure und P bzw. Mo (jeweils r=-0.84).

Auffällig sind die negativen Beziehungen zwischen Rohfett und P (r=-0.79) bzw. Mo (r=-82). Es wird vorgeschlagen, die energieaufwändige Lipid-Synthese – P und Mo sind im Energietransfer involviert - vor diesem Hintergrund näher zu untersuchen.

Ergebnisse von Keimtests aus anderen Versuchen (unveröff.) lassen vermuten, dass sich ein Gehalt an Linolsäure von > 70 % positiv auf die Keimfähigkeit auswirkt.

Aussichtsreich erscheint eine Suche nach DwS-Formen mit hohem Nickelgehalt in der Gesamtpflanze. Die in den Achänen festgestellte negative Beziehung zum Gehalt an Molybdän (Mo) ist aufmerksam zu beobachten, das Analysenspektrum um Kobalt (Co) zu erweitern.

Literatur

Biertümpfel, A., W.-D. Blüthner, M. Conrad u. E. Paladey, 2013: Durchwachsene Silphie – Anbauoptimierung und Züchtung. Abstract 4. Symposium Energiepflanzen FNR Berlin, 22. – 23.10. 2013.

Böhm, C., M. Beesk, A. Hoschke u. D. Freese, 2012: Geringere Nährstoffausnutzung – BTU Cottbus vergleicht Mais und Silphie – energie aus pflanzen, Heft 6, p, 2011.

Demirel, B., and P. Scherer, 2011: Trace element requirements of agricultural biogas digesters during biological conversion of renewable biomass to methane. Biomass and Bioenergy 35, 992-998.

Frölich, W. u. K. Stolzenburg, 2012: Anbaupotenzial und Saatguteigenschaften der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) Ber. Ges. Pflanzenbauw. 6, 81-84.

Frölich, W., H. Burger u. H. Kurz, 2014: Mineral nutrient and trace element contents in grains of maize genotypes. Poster – GPZ Congress, CAU Kiel, 23.-25.09.2014.

Neumerkel, W., 1980: Botanik, Anbau und Futterwert der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) Diss. MLU Halle-Wittenberg, 190 S.

Sauer, B., 2011: Spurenelemente bei anderen Energiepflanzen wie z.B. Durchwasende (*sic!*) Silphie. IZNE, Univ. Göttingen, 17.05.2011, 27 pp.

Trölenberg, D., M. Kruse, A. Jonitz, 2012: Verbesserung der Saatgutqualität bei der Durchwachsenen Silphie (Silphium perfoliatum L.) 124. VDLUFA Kongress, Passau, 18.-24.09.2012, 19 pp.

Autorenverzeichnis

Adler M. 71
Ahrends H.....215
Alsheimer M.....257
Amberg F.....165
Anastassiadis F. 223
Athmann M. 129
Auburger S. 117
Aurbacher J. 17, 225, 243
Bahrs E.....117
Bärwolff M.....81
Bauhardt J. 259
Baumecker M. 99
Beck M.....229
Beckmann M.....9
Bednorz D.....161
Behrendt A.....221
Bellingrath-Kimura S.D. 37
Berg M. 257
Bernhofer C. 105
Biernat L. 147
Bischoff J. 161
Böhm C.....77, 83, 219
Böhm H.....177, 183
Böhmer J. 95
Bome N.....133
Böttcher U.....19, 91, 155, 215
Brandt C. 101
Brauer-Siebrecht W. 115, 247
Braun J. 27
Britz W. 89
Bühle L. 25
Burkart A.....215
Busch S. 101
Bussink D.W. 235
Büttner C. 275
Castell A. 29
Ceauşu S. 9
Chen T.-W. 143, 205, 207
Chmelíková L.....233
Christen O. 57, 115, 119, 159, 161, 165, 201, 245, 259
Claupein W. 171, 251, 263
Corbel A.....279
Cord A.F. 9
Dauber J. 13, 81
de Vries W. 89
Deyerler M. 229
Dier M. 49, 211
Dietze T. 199
Dirich D. 179
Dolch C. 203
Döring T.F. 99, 271, 273
dos Santos D.A. 37
Dotterweich M. 257
Eberl V. 217
Eckl T. 29, 31
Eckner J. 17, 231, 241
Ehrenpfordt B. 201
Eichler-Löbermann B. 101
Ellmer F. 61, 93, 99, 163, 271, 273
Erbs M. 49, 51, 211
Ewert F. 47, 55, 69, 89, 107, 269
Federolf C.-P. 59
Feike T. 67, 197, 289
Feuerstein U. 213
Finger R. 23
Fischer A. 221
Fischer J. 177, 183
Flessa H. 277
Freese D. 77, 83, 219
Fricke A. 71, 261, 265
Fricke T. 139
Fritz M. 125, 217
Frölich W. 291
Gabriel D. 167
Gaiser T. 69, 89
Gaudchau M. 131
Gauder M. 251
Geipel J. 171
Gerstner K. 9
Glemnitz M.....17, 103, 231
Gottwald F. 97
Götze P. 115, 119
Graf T. 17
Grant K. 113
Graβ R. 187, 189
Greef J.-M. 79, 167
Gröblinghoff F.-F. 239
Grocholl J. 257
Gruber S. 263
Grunert M. 159
Grünwald T. 105
Guerrini I.A. 37
Gurevitch J. 9
Ha N. 289
Haase N. 167

Hammes V. 111
Hartmann S. 113, 213
Hauer M. 135
Hegewald H. 57, 245
Heiermann M. 17
Heiles E. 29, 191
Herrmann A. 87, 113
Herrmann J. 53
Hey K. 227
Hoffmann H. 69, 89
Hoffmann M. 163
Hofman M. 39
Holshof G. 235
Honermeier B. 53, 63, 65, 173, 179, 267, 275
Höppner F. 177, 183, 229
Hrenn H. 291
Hubert S. 187, 189
Hufnagel J. 21, 85, 111, 259
Hülsbergen K.-J. 185, 233
Hüsken A. 167
Isselstein J. 5, 111
Jacob I. 237
Jacobi A. 199
Jacobs A. 115, 117, 119, 223, 247
Janßen A. 39
Jeismann C. 175
Jung L. 81
Jung R. 181
Kage H. 19, 51, 91, 155, 215
Kahlen K. 143
Kaiser T. 221
Kalus J. 53
Kambach S. 9
Kanswohl N. 229
Kanzler M. 77, 83, 219
Kaul H.-P. 253
Kautz T. 129
Kayser M. 111
Khor L.Y. 197
Klepatzki J. 93
Klotz S. 9
Kluß C. 113, 147
Knapp S. 271, 273
Kobata Y. 37
Koblenz B. 57, 159, 161, 165, 245, 259
Koch H.-J. 115, 119, 121, 123, 247
Köhler A. 109, 185, 281
Köhn U. 53
Koim N. 43
Komissarov I. 175
Köpke U. 129
Kornatz P. 225, 243
Köstner B. 105, 257
Kottmann L. 199
Kraft M. 199
Kramps-Alpmann D. 27
Kraska T. 23
Krück S. 61
Kühling I. 133, 175
Kupisch M. 107
Kurth W. 39
Kurz H. 291
Lamerre J. 79
Lamersdorf N. 45
Langensiepen M. 107
Langhof M. 79
Langkamp T. 199
Laufer D. 121
Lichthardt C. 249
Liebe S. 255
Lindemann-Zutz K. 71, 265
Link J. 171
Loges R. 147
Loibl B. 121
Luesink W. 213
Luig A. 51
Manderscheid R. 49, 51, 211
Märländer B. 223, 255
Masur D. 81
Matschiner K. 199
Meissner R. 161
Mendenhall C. 9
Merker C. 127
Mirck J. 77, 83, 219
Moualeu D. 207
Müller F. 251
Müller J. 201, 243
Murach D. 41, 43
Mußhoff O. 223
Nagel J. 39
Nagler S. 215
Neeland H. 199
Neugschwandtner R. 253
Newbold T. 9
Nurk L. 25, 187, 189
Nuske R. 111
Olfs H.-W. 59
Osei-Kwarteng M. 73
Oster S. 173

Pao Y.-C. 205
Papaja-Hülsbergen S. 281
Pekrun C.....187, 189
Peter C. 241
Peters J. 169
Petersen U.....287
Pfitzner C.....167
Phillips H.R.P.....9
Pietzner B. 159
Platen R.....103
Powell K.....9
Prange T.....101
Prüfer H. 167
Pude R.....23
Räbiger T.....91
Ratjen A.....51
Rauber R. 181, 227
Reckling M.....21
Redozubov D.....175
Rehm A.....31
Reisch G.....261
Rezaei E.E.....47, 55, 269
Rohn S.....27
Ross C.-L.....61
Roux S.R. 229
Roye S.....99
Rücknagel J.....115, 119, 159, 161
Rühl G. 167
Rühs M. 97
Ruoss N.....277
Rupp H. 161
Russo M. 275
Sadeghi A.....63
Safari H.....139
Salzeder G.....31
Sauer T.....21
Sauthoff S.....223
Schäfer B.C. 27, 127, 239, 277
Scheffler S.....33
Scherzer J. 257
Schittenhelm S. 19, 199
Schlinker G.....121
Schlumbaum A. 265
Schmid H.....233
Schmidt A. 159
Schmidt M.....41
Schmidtke K. 33
Schmitz F.....121
Schneider R.....237
Schoo B.....19
Schossow R..... 257
Schrödter M. 161
Schroetter S..... 19
Schulz H. 285
Schulz R.-R..... 169
Schulze S.....123, 213
Schum A. 213
Schumann D. 125
Schwabe S..... 263
Schwarz C. 267
Schwarz K.-U. 79
Schweitzer K. 99
Schwengers K..... 283
Sensel-Gunke K..... 61
Seppelt R. 9
Siebert S. 47, 55, 269
Siebrecht N. 185
Siegmund R. 113
Sikora J. 49
Sommer H.....35, 193, 195, 285
Sparke J..... 173
Stadler A. 107
Stahn P. 101
Stamp P. 1
Stein-Bachinger K. 97
Steinmann H.-H. 75
Stiehm C. 39
Stockfisch N. 255
Stolzenburg K. 291
Strer M. 87
Stumpf B. 65
Stützel H. ...71, 73, 143, 203, 205, 207, 209, 249, 261, 265, 279
Suleiman W. 209
Sundrum A. 35, 285
Svoboda N. 85, 87, 111, 259
Taube F. 113, 147
Tauchnitz N..... 161
Trautz D. 59, 133, 175
Trölenberg D. 291
Umemura H.M. 37
Uptmoor R. 101
Urbatzka P. 29, 31, 191, 237
van der Draai H..... 235
van Middelkoop J.C. 235
Veldkamp E. 45
Verburg P.H. 9
Verhagen W..... 9
Wachendorf M. 25, 139, 187, 189
Wagener F. 95

Wagner M. 113
Wangert S.....95
Webber H. 89
Weber E.A. 263
Weigel H.-J. 49, 51, 211, 287
Well R. 277
Wensch-Dorendorf M. 57, 245
Werner M. 75
Westermeier P. 213
Westerschulte M. 59
Weymann W. 155
Wiedow D. 229
Wilken F.....231
Wilken V. 61
Wilkinson K. 257
Willms M. 231
Willner E. 213
Winter K. 17
Winter M. 9
Winzer F. 23
Witzel C.-P. 23
Wolf J. 89
Wolfrum S. 109, 151, 185, 281, 283
Wosnitza A..... 213
Yamada M. 37
Yan F. 53, 65, 179
Zander P. 111, 259
Zemke D. 129
Zerhusen-Blecher P. 27
Zhao G. 69, 89
Zimmer J. 93
Zvorykina A. 281